



**Universidad  
Andrés Bello®**

UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería en Construcción

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER EN  
EDIFICACIÓN EN ALTURA EN UNA EMPRESA CONSTRUCTORA:  
Estudio de casos de dos edificios en las comunas de Las Condes y  
San Miguel

Memoria para optar al título de  
Ingeniero Constructor

**CONSTANZA ANDREA ANGELI GUTIÉRREZ**

Profesor Guía: Sr. Javier Torres Castro

Santiago – Chile  
Julio 2017



**Universidad  
Andrés Bello®**

UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería en Construcción

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER EN EDIFICACIÓN  
EN ALTURA EN UNA EMPRESA CONSTRUCTORA:  
Estudio de casos de dos edificios en las comunas de Las Condes y San  
Miguel**

Memoria para optar al título de  
Ingeniero Constructor

**CONSTANZA ANDREA ANGELI GUTIÉRREZ**

Profesor Guía: Sr. Javier Torres Castro

Santiago – Chile

Julio 2017

## AGRADECIMIENTOS

A mi mamá por su paciencia y comprensión en este largo camino.

A Gonzalo Angeli y Alejandra Soto, por su apoyo durante toda mi carrera universitaria.

A Javier Torres por su confianza, guía y preocupación, haciendo posible la realización de esta tesis.

A mis amigas y amigos, que creyeron en mí y me motivaron siempre a seguir hasta el final.

## RESUMEN

¿Cumpliremos con la fecha de entrega? Esta es una pregunta recurrente al momento de estar en pleno proceso de construcción de un proyecto. Y es que el programa original suele sufrir varias modificaciones, pues a pesar de considerar una cierta holgura en los procesos, éstos se pueden ver afectados por distintas razones como atrasos con la provisión de materiales, falta de equipos, errores de diseño, problemas con la mano de obra o no tener los pre-requisitos para la ejecución de la tarea siguiente, derivando en cambios de presupuesto, planificación y baja productividad.

Como una manera de bajar el impacto de estos factores en la producción, nace la metodología Last Planner, utilizada en la planificación de proyectos y basada en los principios de la filosofía Lean Construction. A pesar que tiene más de 20 años, aún es poco utilizado en nuestro país y no ha logrado implementarse a fondo, debido a la falta de conocimientos y sobre todo a la reticencia a los cambios en el mundo de la construcción.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar los datos obtenidos a partir de la metodología Last Planner en dos edificios de altura de una empresa constructora, ubicados en la comuna de Las Condes y San Miguel. Para ello se hará una recopilación bibliográfica, recolección de datos a partir de la implementación en obra y un análisis de resultados.

## **ABSTRACT**

Will we comply the delivery date? This is a recurring question when we are in the process of building a project. This is because the original program tends to suffer several modifications, because, despite considering a certain amount of flexibility in the processes, they can be affected by different reasons such as delays in the provision of materials, lack of equipment, design errors, problems with human resource or lack the prerequisites for the execution of the next task, resulting in budget changes, planning and low productivity.

As a way to reduce the impact of these factors on production, the experts create the Last Planner System, used in the planning of projects and based on the principles of the philosophy Lean Construction. Although it's more than 20 years old, it's still not widely used in our country and has not been fully implemented due to lack of knowledge and above all to the reluctance to change in the world of construction.

The present thesis aims to analyze the data obtained from the methodology Last Planner in two high-rise buildings of a construction company, located in the commune of Las Condes and San Miguel. For this, a bibliographical collection and a data collection will be made from the implementation on site, and an analysis of results.

## ÍNDICE GENERAL

1.- INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1 Introducción	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo General	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
1.3 Justificación de la Investigación	4
1.4 Limitaciones de la Investigación	4
2.- FUNDAMENTOS Y MARCO TEÓRICO	5
2.1 Sistema Tradicional de Planificación	6
2.1.1 Introducción a la Planificación de un Proyecto	6
2.1.2 Etapas y Estructuración de un Proyecto	7
2.2 Proceso de Planificación	9
2.2.1 Tipos de Planificación	10
2.3 Control de Proyectos	11
2.4 Introducción a Lean Construction	12
2.4.1 Origen del Pensamiento Lean	13
2.4.2 Origen de Lean Construction	14
2.4.3 Implementación de Lean Construction	16
2.5 Last Planner System o Sistema del Último Planificador (SUP)	17
2.5.1 Metodología del Sistema Last Planner	21
2.5.1.1 Programa Maestro	22
2.5.1.2 Planificación Intermedia	22

2.5.1.2.1 Análisis de Restricciones	23
2.5.1.2.2 Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)	24
2.5.1.3 Planificación Semanal	25
2.5.2 Indicadores de Last Planner	27
2.5.2.1 Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)	27
2.5.2.2 Causas de No Cumplimiento (CNC)	28
2.5.2.3 Porcentaje de Cumplimiento de Restricciones (PCR)	29
2.5.3 Reuniones Semanales	30
3.- METODOLOGÍA	31
4.- PRESENTACIÓN DE LOS CASOS	33
4.1 Descripción de proyectos en estudio	34
4.1.1 Caso 1: Edificio Las Condes	34
4.1.1.1 Ubicación	34
4.1.1.2 Datos generales	35
4.1.2 Caso 2: Edificio San Miguel	35
4.1.2.1. Ubicación	35
4.1.2.2 Datos generales	36
4.2 Implementación del Sistema Last Planner en Edificio Las Condes y Edificio San Miguel.	36
4.2.1 Metodología de la implementación del Sistema Last Planner	37
4.2.1.1 Reunión de coordinación con el grupo de trabajo	37
4.2.1.2 Desarrollo de la Planificación Intermedia	38
4.2.1.3 Elaboración del Inventario de Trabajo Ejecutable	39
4.2.1.4 Entrega de la Planificación Semanal	40

4.2.2 Resultados de la implementación en los casos de estudio	42
4.2.2.1 Caso 1: Edificio Las Condes	42
4.2.2.2 Caso 2: Edificio San Miguel	50
4.2.3 Análisis y comentarios	58
5.- CONCLUSIONES Y COMENTARIOS	66
6.- BIBLIOGRAFÍA	74



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1:</b> Esquema de subdivisión en paquetes de trabajo	8
<b>Figura 2.2:</b> Work Breakdown Structure (WBS)	8
<b>Figura 2.3:</b> Gráfico curva S	12
<b>Figura 2.4:</b> Formación de asignaciones dentro del SUP	19
<b>Figura 2.5:</b> Filosofía de planificación “lean”	20
<b>Figura 2.6:</b> Niveles de planificación	23
<b>Figura 2.7:</b> Modelo general de planificación	26
<b>Figura 2.8:</b> Gráfico resumen de porcentaje de levantamiento de restricciones	29
<b>Figura 4.1:</b> Ubicación edificio Las Condes	34
<b>Figura 4.2:</b> Ubicación edificio San Miguel	35
<b>Figura 4.3:</b> Evaluación del PAC caso 1	43
<b>Figura 4.4:</b> Gráfico de cumplimiento por empresa caso 1	44
<b>Figura 4.5:</b> Evolución del PAC caso 1	46
<b>Figura 4.6:</b> Tendencia del PAC caso 1	47
<b>Figura 4.7:</b> Relación entre PAC y variabilidad caso 1	48
<b>Figura 4.8:</b> Porcentaje de incidencia de las CNC caso 1	49
<b>Figura 4.9:</b> Evaluación PAC caso 2	50
<b>Figura 4.10:</b> Gráfico PAC por empresa caso 2	51
<b>Figura 4.11:</b> Gráfico de cumplimiento de empresa caso 2	52
<b>Figura 4.12:</b> Gráfico del PAC por subcontrato de moldaje	52
<b>Figura 4.13:</b> Evolución del PAC caso 2	54
<b>Figura 4.14:</b> Tendencia del PAC caso 2	54
<b>Figura 4.15:</b> Gráfico de porcentaje de cumplimiento de restricciones entre semana 13 y 17	55
<b>Figura 4.16:</b> Relación entre PAC y variabilidad caso 2	56
<b>Figura 4.17:</b> Gráfico resumen de porcentaje de incidencia de CNC caso 2	57
<b>Figura 4.18:</b> Gráfico resumen de porcentaje de incidencia de CNC caso 2	57
<b>Figura 4.19:</b> Comparación de carga de trabajo entre capataces	60

<b>Figura 4.20:</b> Gráfico de resumen PAC por empresa	61
<b>Figura 4.21:</b> Gráfico de principales Causas de No Cumplimiento por empresa contratista	62
<b>Figura 4.22:</b> Curva S reprogramación caso 1	63

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1:</b> Producción tradicional v/s producción sin pérdidas	17
<b>Tabla 2.2:</b> Análisis de restricciones	24
<b>Tabla 2.3:</b> Planilla medición del PAC	27
<b>Tabla 2.4:</b> Ejemplos de Causas de No Cumplimiento	28
<b>Tabla 4.1:</b> Planilla de Inventario de Trabajo Ejecutable	40
<b>Tabla 4.2:</b> Planilla de Planificación Semanal	42
<b>Tabla 4.3:</b> Evaluación del PAC caso 1	44
<b>Tabla 4.4:</b> Evolución del PAC caso 1	45
<b>Tabla 4.5:</b> Resumen de CNC caso 1	49
<b>Tabla 4.6:</b> Evolución del PAC caso 2	53
<b>Tabla 4.7:</b> Porcentaje de cumplimiento de restricciones caso 2	55

# 1.- INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES GENERALES

## 1.1 Introducción

Actualmente se vive en un mundo donde la tecnología avanza cada día abriendo nuevos mercados, por lo que las empresas deben rápidamente adaptarse a estos cambios e implementar nuevos sistemas en su producción para lograr la competitividad y no quedar obsoletas, esto sin afectar los recursos que en su mayoría son escasos: dinero, mano de obra, materiales, maquinaria, equipos, espacio y sobre todo tiempo.

En cuanto a la industria de la construcción, siempre se ha caracterizado por ser un rubro conservador y reticente a los cambios, por lo que aplicar nuevos métodos y tecnologías para maximizar los recursos antes mencionados y mantener un control de éstos resulta difícil de introducir y masificar. Cada proyecto de construcción implica altos costos, necesitando una buena planificación para lograr los objetivos propuestos y obtener mayores utilidades en el menor tiempo posible. Por esta constante búsqueda de optimizar recursos y mejorar la productividad es que nace el sistema Last Planner, el cual se basa en la filosofía Lean Construction, que básicamente se resume en la construcción sin pérdidas.

En la presente tesis se analiza los datos obtenidos a partir de esta metodología implementada en una constructora que la llevó a cabo en todos sus proyectos en ejecución y se fueron controlando los resultados semanalmente. Específicamente para este trabajo se consideraron dos obras, ambas edificios en altura, uno ubicado en la comuna de Las Condes, en etapa de terminaciones y el otro ubicado en la comuna de San Miguel en etapa de obra gruesa.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Implementar la metodología Last Planner y analizar los datos obtenidos en dos obras de una constructora en las comunas de Las Condes y San Miguel.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Describir procedimientos de la implementación del sistema Last Planner en los edificios de Las Condes y San Miguel de la constructora en estudio.
- Detectar y analizar cuáles son los problemas de cómo implementar el sistema en los casos de estudio.
- Establecer mejoras para evitar los problemas de implementación en la constructora.

### **1.3 Justificación de la Investigación**

En el año 2016 se inicia la implementación sistema Last Planner en todas las obras de una empresa constructora de Santiago, de la cual se extrae los datos para esta investigación, con el fin de poder disminuir los atrasos y pérdidas que tantos problemas económicos estaban provocando. Con la asesoría de un ingeniero externo se analizaría caso a caso, presentando un informe ante gerencia y directorio semanalmente, de acuerdo a lo ejecutado en cada obra.

Esta investigación se realiza con la finalidad de mostrar los resultados que arrojó esta implementación de la metodología antes mencionada, si es posible a través de este análisis tomar decisiones respecto a la utilidad de este sistema en la constructora y las correcciones que se pueden hacer para lograr un mejor desarrollo.

### **1.4 Limitaciones de la Investigación**

El presente estudio recopila datos y analiza los resultados obtenidos durante los años 2016 y 2017 para dos obras en ejecución de una empresa constructora de Santiago. La primera, un edificio habitacional en etapa de terminaciones ubicado en la comuna de Las Condes, de 15 pisos, 2 subterráneos, con 40 departamentos, donde se realizó un seguimiento de 13 semanas. La segunda obra fue un edificio habitacional en etapa de obra gruesa ubicado en San Miguel, de 16 pisos, 2 subterráneos, 157 departamentos y con un seguimiento de 22 semanas.

## 2.- FUNDAMENTOS Y MARCO TEÓRICO



## **2.1 Sistema Tradicional de Planificación**

### **2.1.1 Introducción a la Planificación de un Proyecto**

Al momento de comenzar un proyecto, es necesario tener claros los objetivos en cuanto a costos, tiempo y calidad de este. Para ayudar al administrador en esta tarea, se debe realizar un plan de trabajo para lograr un uso adecuado de los recursos disponibles. Sin embargo, existen administradores renuentes a prepararlos por falta de tiempo o porque creen que pueden manejar las situaciones a medida que se originan, llevando muchas veces al fracaso el proyecto. (Serpell A. & Alarcón L. 2001)

No obstante, aun cuando se ha fijado un planificación, existen diferentes razones por las cuales el proyecto puede fracasar y estas pueden ser: falta de compromiso de algún miembro del equipo, prioridades inapropiadas, falta de comunicación, mala definición de los objetivos, falta de división del proyecto en etapas, programa poco realista, programa financiero demasiado ajustado, mala asignación de mano de obra, entre otras. (Serpell A. & Alarcón L. 2001)

Para lograr desarrollar un adecuado plan de trabajo es necesario plantearse y contestar las preguntas: Qué, Cómo, Por qué, Quién, Dónde, Cuándo, Cuánto. Estas preguntas sirven para definir de manera indirecta las etapas necesarias para la preparación de un plan de trabajo, siendo estas (Serpell A. & Alarcón L. 2001):

- Definición de los objetivos del proyecto
- División del proyecto en actividades
- Determinación de la secuencia de las actividades del proyecto

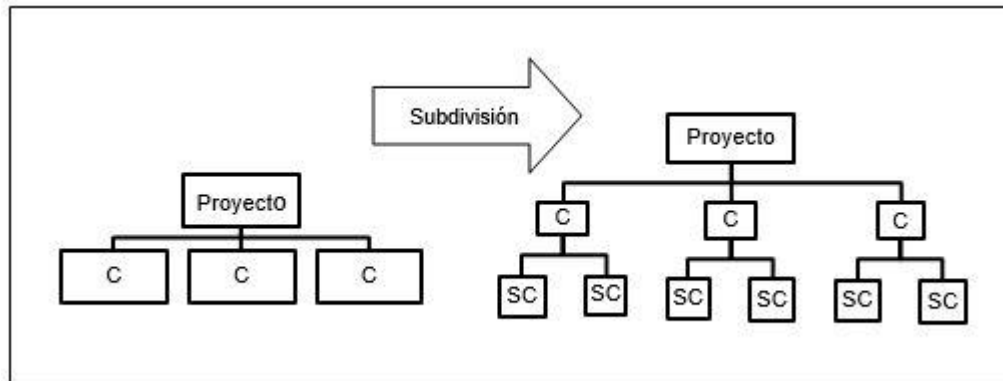
- Asignación de responsabilidades en la ejecución de las actividades del proyecto
- Estimación de la duración y el costo de las actividades para desarrollar un programa del proyecto
- Preparación del presupuesto del proyecto
- Reconciliación del plan del proyecto con las restricciones de recursos, tiempo y recursos financieros.

### 2.1.2 Etapas y Estructuración de un Proyecto

En un proyecto se identifican cuatro fases o etapas: fase de gestación, fase de definición o ingeniería de desarrollo, fase de materialización o ingeniería de ejecución y fase de operación de explotación de la obra. Además, existe un orden o estructuración, la cual puede ser por actividades, elementos o “tareas”, llamado Estructura por Tareas, que en inglés se llama *Work Breakdown Structure* (WBS) o por Responsabilidad, que en inglés se conoce como *Organizational Breakdown Structure* (OBS), donde se ordena según las responsabilidades que se asignan a las personas.

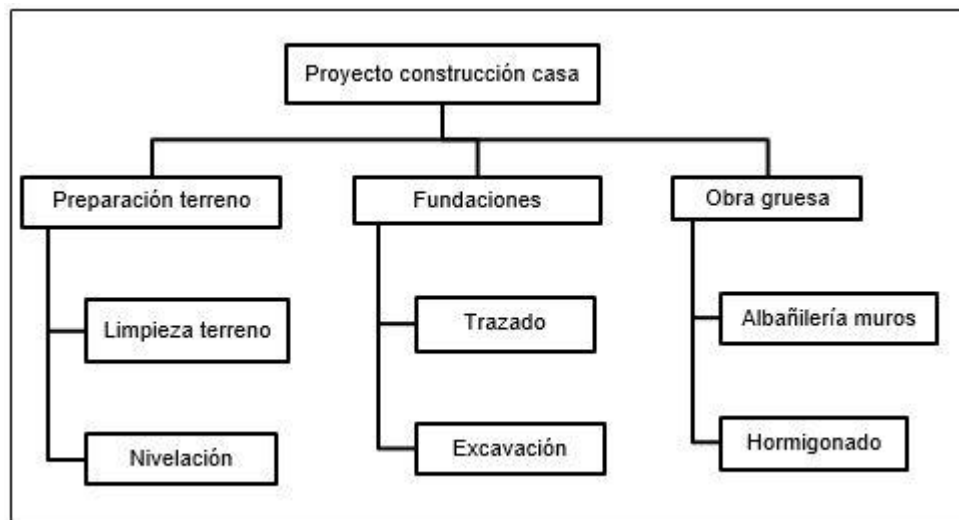
La Estructura por Tareas consiste en dividir el proyecto en “paquetes de trabajo”, descomponiéndolo desde el nivel más alto hasta llegar a un elemento de mayor detalle, que sea más manejable, fácil de controlar y donde ya sea innecesario seguir fragmentando. (Serpell A. & Alarcón L., 2001).

En las figuras 2.1 y 2.2 muestran un esquema de subdivisión de proyecto y un ejemplo de *Work Breakdown Structure*, respectivamente.



**Figura 2.1: Esquema de Subdivisión en “Paquetes de Trabajo”.**

Fuente: Planificación y Control de Proyectos, Serpell & Alarcón, 2001.



**Figura 2.2: Ejemplo de Work Breakdown Structure (WBS)**

Fuente: Planificación y Control de Proyectos, Serpell & Alarcón, 2001.

En la Estructura por Responsabilidad (OBS), la expresión más conocida que existe y la más utilizada es el Organigrama, donde cada cargo o grupo de trabajo indica su autoridad, responsabilidades y la relación entre ellos, haciendo más fácil medir resultados de acuerdo a sus funciones. (Serpell A. & Alarcón L., 2001)

## 2.2 Proceso de Planificación

Cada proyecto en construcción tiene asociado una fecha de inicio y término, las cuales se deben cumplir por contrato, donde llevarlo a cabo en el plazo correspondiente es fundamental para tener las ganancias esperadas. Para la ejecución del proyecto es necesario contar con una buena administración, cuyas principales funciones son la organización, dirección y control de éste, siendo la planificación la más importante de todas.

El administrador necesita de la planificación para anticiparse a futuros eventos y tomar decisiones adecuadas y oportunas, establecer un plan para materializar el proyecto, saber cuánto será el costo asociado de acuerdo a la cantidad y al uso eficiente de recursos asignados, las tareas y responsabilidades que debe asignar al equipo de trabajo, manteniendo la comunicación entre todos los involucrados, desde el que estudia la propuesta hasta el último obrero y así cumplir con las metas definidas.

Sin una buena planificación, probablemente el proyecto fracase, pues no es posible realizar un seguimiento y control adecuado, ya que no habría una comparación entre lo real y lo deseado. *“Entre los profesionales de la*

*construcción generalmente se cuestiona por lo rápido que una planificación queda obsoleta, porque se requiere mucho tiempo para su realización, o porque no provee ningún beneficio concreto.”* (Serpell A. & Alarcón L., 2001)

### **2.2.1 Tipos de Planificación**

La planificación de un proyecto consta de tres etapas que se diferencian por su oportunidad, nivel de antecedentes, alcance, grado de detalle y vigencia durante el proceso de ejecución (Campero M. & Alarcón L., 2008):

- Planificación preliminar: Es una etapa corta, donde aún no se recoge toda la información que requiere el proyecto, sólo están las actividades más gruesas y el principal objetivo es contar con un informe de factibilidad de este.
- Planificación global: En esta etapa se define el tamaño, plazo de ejecución, fechas importantes, bases generales de organización, monto de la inversión y fuentes de financiamiento. Aquí se da origen al Programa Maestro y Presupuesto Oficial, elementos fundamentales para la coordinación y control de las actividades de los diferentes grupos de trabajo.
- Planificación operacional: Etapa donde se conforman los programas de trabajo de cada área y donde es conveniente manejar un programa general, trimestral y quincenal de trabajo.

### 2.3 Control de Proyectos

Definido el proyecto y realizada la planificación, es necesario seguir un control para evaluar el desempeño y compararlo con los objetivos fijados al principio, para así tomar medidas a tiempo en caso de que comiencen las diferencias en el programa.

Existen varias maneras de llevar el control de un proyecto, siendo una de las más utilizadas la medición del avance físico por unidades completadas, donde el avance se mide como relación entre el número de unidades ejecutadas v/s el número total de unidades.

$$\text{Avance (\%)} = \frac{\text{Unidades ejecutadas}}{\text{Unidades totales}} \cdot 100$$

Parte importante de un proyecto es controlar los recursos asignados. Midiendo ordenadamente los gastos se puede comparar con los valores presupuestados y tomar medidas preventivas o correctivas en el caso que los costos sean mayores a lo que debiese ser a determinada fecha.

Una forma de controlar los costos es mediante la curva S, que representa el avance acumulado del trabajo v/s el tiempo definido para el proyecto. Su nombre se debe a la forma característica que tiene esta curva en los proyectos de construcción. Esta curva permite comparar el avance real con el avance esperado para una fecha específica de control y analizar si se deben tomar medidas en caso que la curva real sea mayor a la planificada.

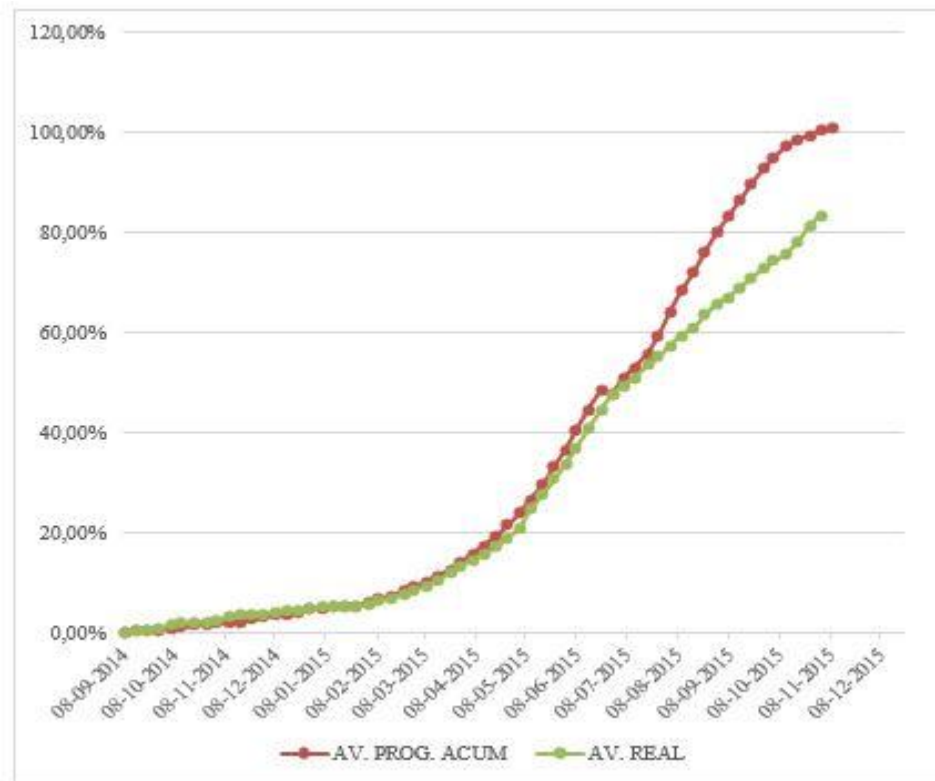


Figura 2.3: Gráfico curva S.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

## 2.4 Introducción a Lean Construction

La industria de la construcción se encuentra en la necesidad constante de fortalecer la productividad en sus proyectos, la tecnología avanza rápidamente y los negocios inmobiliarios crecen día a día, pero sigue faltando mano de obra especializada, por lo que las empresas fijan su mirada en estrategias para poder cumplir con los plazos sin aumentar los costos. Sin embargo, la

construcción tiene una imagen de ser poco productivos, ¿cómo revertir esta situación?

A fines de los años 80, un estudio realizado en el Massachusetts Institute of Technology (MIT), demostró que la productividad de ciertas fábricas de automóviles japonesas era un 50% superior al de las fábricas norteamericanas y además la cantidad de defectos era significativamente menor a estas últimas. El término que se adoptó tanto desde el punto de vista académico como empresarial para definir el conjunto de técnicas de producción japonesas fue *Lean Production* o “producción ajustada” (Pons, J. 2014). Las herramientas y principios de Lean Production han sido ampliamente difundidos en la industria manufacturera y se han adaptado para acomodarse a los requerimientos de gestión de proyectos de construcción, lo que se denomina Lean Construction.

#### 2.4.1 Origen del Pensamiento Lean

*Lean Production* desarrollado por Toyota Motors Company después de la Segunda Guerra Mundial, es un sistema que trabaja bajo la eliminación de pérdidas, logrando producir a bajos costos y volúmenes limitados, ya que utiliza menos de todo comparado con la producción en masa: menos tiempo de fabricación, menor esfuerzo humano, inversión y espacio.

A principios del siglo XX en Japón, Sakichi Toyoda, fundador del grupo empresarial Toyota, inventa un dispositivo en su telar automático que detenía el funcionamiento de éste cada vez que un hilo se rompía, permitiendo que los trabajadores se dedicaran a procedimientos de mayor valor y no estar pendientes de controlar las máquinas. Su hijo, Kiichiro Toyoda, decretó que las



operaciones en la empresa no deberían tener exceso de inventarios y bajo el liderazgo de Taiichi Ohno, jefe de producción de Toyota, quien dirigió esta área entre la década del 50 y 60, desarrollaron un sistema de producción que fabrica y entrega justo lo que se necesita, cuándo y cuánto. Fue así como nace el Sistema Toyota, a partir de una necesidad: producir cantidades justas, con variedad y en condiciones de escasa demanda, en comparación con el sistema de producción en masa que triunfaba en Estados Unidos, basándose en dos pilares fundamentales, cuyo origen fue descrito anteriormente: el *Jidoka*, metodología japonesa que se centra en la verificación de calidad en las líneas de producción y el *Just-in-Time* (JIT), un sistema de flujo de información y materiales para controlar la sobreproducción.

Según la filosofía Lean, todo lo que no es valor para el cliente es desperdicio que puede ser eliminado o minimizado. Según Taiichi Ohno existen 7 desperdicios que causan la mayor parte de las interrupciones del flujo dentro de la cadena en la planta de producción que él mismo dirigía, estos son: sobreproducción, esperas o tiempo de inactividad, transporte innecesario, sobreprocesamiento, exceso de inventario, movimientos innecesarios y defectos de calidad.

#### 2.4.2 Origen de Lean Construction

La aplicación de los principios y herramientas del sistema Lean a lo largo de un proyecto de construcción se conoce como *Lean Construction* o *construcción sin pérdidas*, término que fue acuñado por los fundadores del Grupo Internacional de Lean Construction (IGLC) en 1993. Sin embargo, fue el finlandés Lauri Koskela en 1992 en su documento “*Application of the new Production*

*Philosophy to Construction*” quien estableció los fundamentos teóricos del nuevo sistema de producción, basado en el sistema Toyota y la filosofía Lean, aplicado a la construcción.

Este método busca la excelencia a través de un proceso de mejora continua en la empresa, que consiste fundamentalmente en minimizar o eliminar todas aquellas actividades y transacciones que no añaden valor, a través de la optimización de recursos y la maximización de la entrega de valor al cliente, para diseñar y producir a un menor coste, con mayor calidad, más seguridad y con plazos de entrega más cortos, dentro de un marco ecológico con el entorno (Pons, J. 2014).

Los principios que propone Koskela en su texto, se resumen en lo siguiente:

- Incrementar la eficiencia de las actividades que agregan valor.
- Reducir la participación de actividades que no agregan valor.
- Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente.
- Reducir la variabilidad.
- Reducir el tiempo de ciclo.
- Simplificar procesos.
- Incrementar la flexibilidad de la producción.
- Incrementar la transparencia de los procesos.
- Enfocar el control al proceso completo.
- Introducir la mejora continua de los procesos.
- Mejorar continuamente el flujo.
- Referenciar permanentemente los procesos (“benchmarking”).

### 2.4.3 Implementación de Lean Construction

La aplicación de este nuevo modelo productivo a la construcción surgió a nivel académico hace 20 años y a nivel de implementación se está manifestando más intensamente desde el 2007, principalmente en Estados Unidos, donde diversos estudios y análisis realizados hasta ahora revelan que las empresas que ya aplican esta filosofía de producción han obtenido altos niveles de rendimiento en cuanto a reducción de costes, incremento de la productividad, cumplimiento de los plazos de entrega, mayor calidad, incremento de seguridad, mejor gestión del riesgo y mayor grado de satisfacción del cliente. Este sistema fomenta el trabajo en equipo, mejora la comunicación, facilita la visión del conjunto de todo el proceso, ayuda a la identificación temprana de errores seguida de una resolución eficaz y rápida de problemas, y conduce hacia una mayor autogestión. (Pons, J. 2014).

En el año 2001, la Universidad Católica de Chile crea el “Centro de Excelencia en Gestión de la Producción” (GEPUC), cuyo director es Luis Alarcón Cárdenas, miembro fundador del International Group for Lean Construction (IGLC). Este centro y la Cámara Chilena de la Construcción han puesto en práctica este programa junto a una serie de empresas nacionales, con el motivo de mejorar la gestión de producción en las empresas constructoras chilenas. Estas experiencias han sido demostradas por el éxito alcanzado por las versiones europeas y norteamericanas del Lean Construction Institute (LCI) y del Lean Enterprise Institute (LEI) como medida para desarrollar investigación en gestión de producción.

En la tabla 2.1 se muestra un resumen comparativo entre la producción tradicional y la producción sin pérdidas.

**Tabla 2.1: Producción tradicional v/s Producción sin pérdidas**

	PRODUCCIÓN CONVENCIONAL	PRODUCCIÓN SIN PÉRDIDAS
<b>Objeto</b>	Afecta a productos y servicios	Afecta a todas las actividades de la empresa
<b>Alcance</b>	Actividades de control	Gestión, asesoramiento, control
<b>Modo de aplicación</b>	Impuesta por la dirección	Por convencimiento y participación
<b>Metodología</b>	Detectar y corregir	Prevenir
<b>Responsabilidad</b>	Del departamento de calidad	Compromiso de todos los miembros de la empresa
<b>Clientes</b>	Ajenos a la empresa	Internos y externos
<b>Conceptualización de la producción</b>	La producción consiste de actividades. Todas las actividades añaden valor al producto	La producción consiste de conversiones y flujos; hay actividades que no agragan valor al producto
<b>Control</b>	Costo de las actividades	Dirigido hacia el costo, tiempo y valor de los flujos
<b>Mejoramiento</b>	Implementación de nueva tecnología	Reducción de las tareas de flujo, y aumento de la eficiencia del proceso con mejoras continuas y tecnología

Fuente: Administración de Proyectos Civiles, Alarcón & Campero, 2008.

## 2.5 Last Planner System o Sistema del Último Planificador (SUP)

El sistema Last Planner es una herramienta para controlar procesos y reducir la variabilidad entre éstos, asegurando el mayor cumplimiento posible de las actividades planificadas para la semana. (Barría, C. 2009)

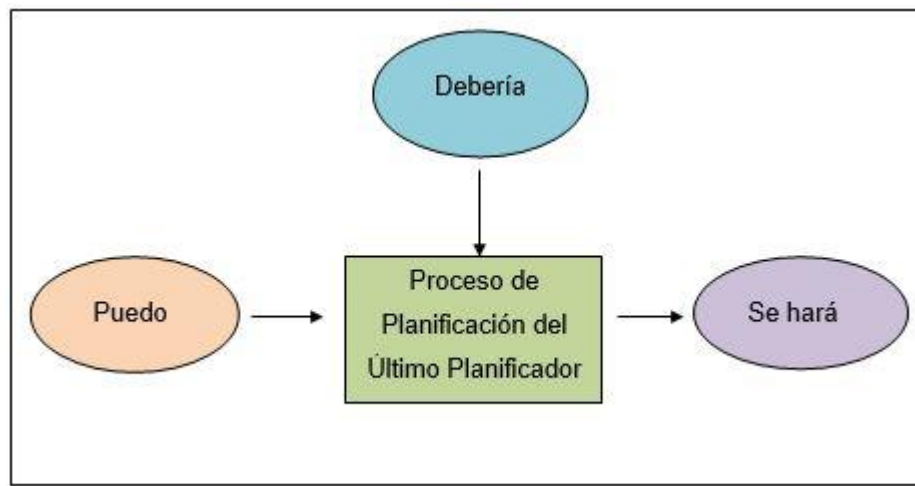
El primer documento técnico sobre Last Planner System fue publicado en 1994 y posteriormente desarrollado por su mismo autor, Glenn Ballard, en su tesis

doctoral del año 2000 “The Last Planner System of Production Control”. En él apunta fundamentalmente a aumentar la fiabilidad de la planificación y con eso mejorar los desempeños, basado en los siguientes principios:

- Las actividades no deben comenzar antes de que todos los requerimientos, para la realización de las mismas, estén satisfechos.
- Se debe medir y monitorizar la realización de las actividades.
- Las causas por las que una actividad no se puede realizar deben ser identificadas y eliminadas.
- Se debe evitar la pérdida de productividad, reasignando actividades cuando las inicialmente no se pueden ejecutar.
- Debe realizarse una programación a corto plazo, considerando aquellas actividades cuyas restricciones para ser ejecutadas hayan sido eliminadas.

La planificación y el control son dos herramientas esenciales para la construcción y son realizadas por distintas personas, en sitios diferentes dentro de la organización y durante varias veces dentro de la vida del proyecto. Una buena planificación debe ser enfocada hacia los objetivos globales y sus restricciones. Finalmente, un individuo o grupo decide el trabajo físico y específico que será ejecutado mañana. Este tipo de planes han sido llamado “asignaciones”. La persona o grupo que hace estas asignaciones es llamada “el último planificador”. (Ballard y Howell, 1994).

Los últimos planificadores dicen lo que SE HARÁ, que debe ser el resultado de un proceso de planificación que DEBERÍA ser ejecutado, en contraste lo que PUEDE ser ejecutado.



**Figura 2.4: Formación de asignaciones dentro del Sistema del Último Planificador.**

Fuente: Administración de Proyectos Civiles, Alarcón & Campero, 2008.

Una representación de lo descrito anteriormente se observa en la figura 2.5: el SE HARÁ es subconjunto del PUEDE y el PUEDE es subconjunto del DEBE. Viéndolo de esta manera, existe una mejor coordinación entre actividades y una alta probabilidad que las actividades se cumplan en el plano que correspondan. (Sabbatino, D. 2011)



**Figura 2.5: Filosofía de planificación “Lean”**

Fuente: Administración de Proyectos Civiles, Alarcón & Campero, 2008

SUP es un sistema colaborativo y está basado en el compromiso. Al contar con un enfoque sobre el conjunto general de todo el proyecto, SUP crea un sistema que garantiza que cada semana la gente esté cumpliendo sus compromisos del plan semanal. Para una buena calidad de este plan, Ballard nombra algunas características que son críticas en una asignación:

- Que la asignación esté bien definida
- Seleccionar la secuencia correcta de trabajo
- Seleccionar la cantidad correcta de trabajo
- El trabajo seleccionado sea práctico para la cadena completa, esto es, puede ser hecho (en el tiempo deseado)

Si el proyecto termina a tiempo, al no extenderse, pueden ahorrar millones de pesos a la semana en el coste de equipos, maquinaria, arriendos, mano de obra y otros recursos para mantener el sitio de trabajo activo.

En general los proyectos fracasan principalmente por los siguientes problemas: (GEPUC, 2010)

- No existe una instancia en donde todos los involucrados puedan tomar decisiones en conjunto.
- Las partes involucradas si bien tienen objetivos similares no alinean sus intereses y mucho menos toman decisiones que integren a los demás participantes.
- Política de culpables más que responsables.
- No se examinan bien las actividades de flujo.
- Falta de compromiso de los miembros del equipo para cumplir con sus responsabilidades.
- Uso de planes típicos, sin considerar que los proyectos son únicos.
- Falta de comunicación acerca de los objetivos y el plan.
- Mala definición de los objetivos o no son claros.
- Programa poco realista y muy optimista.
- Falta de contingencia para enfrentar imprevistos.

### **2.5.1 Metodología del Sistema Last Planner**

El sistema posee 3 niveles de planificación, donde se va afinando el plan, reduciendo la incertidumbre, analizando los que “debe” y lo que “puede hacerse”, pudiendo identificar y remover restricciones. Estos son el Programa Maestro, la Planificación Intermedia (Lookahead) y la Planificación Semanal.



### **2.5.1.1 Programa Maestro**

El Programa Maestro genera el presupuesto y el programa del proyecto, debe ser desarrollado con información que represente el verdadero desempeño que posee la empresa en obra, sólo de esta manera se podrá dar validez al SUP, ya que estarán supervisando las tareas que, en realidad, representan la forma en que trabaja la empresa. (Campero M. & Alarcón L., 2008)

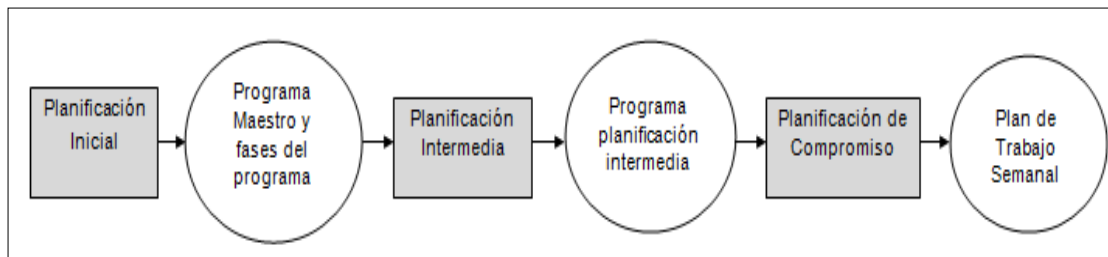
### **2.5.1.2 Planificación Intermedia**

Su principal objetivo es controlar el flujo de trabajo, entendiéndose como flujo de trabajo la coordinación de diseño (planos), proveedores (materiales y equipos), recurso humano, información y requisitos previos, que son necesarios para que la cuadrilla cumpla su trabajo. Además, en esta etapa se debe descomponer las actividades del Programa Maestro en paquetes de programas y operaciones de trabajo de más fácil manejo, desarrollar métodos detallados para la ejecución del trabajo, mantener un inventario de trabajo ejecutable, poner al día y revisar los programas del nivel superior. (Barría, C. 2009)

Para cumplir las funciones antes mencionadas, se realizan los siguientes procesos: definición de actividades, análisis de restricciones, determinación del Inventario de Trabajo Ejecutable y equilibrio entre la carga de trabajo y capacidad.

El intervalo de tiempo que abarca la Planificación Intermedia, se encuentra entre 4 y 12 semanas, dependiendo de las características del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación, y los tiempos de respuesta para la

adquisición de información, materiales, mano de obra y maquinarias. (Barría, C. 2009)



**Figura 2.6: Niveles de Planificación**

Fuente: Administración de Proyectos Civiles, Alarcón & Campero, 2008.

#### 2.5.1.2.1 Análisis de Restricciones

Cada actividad dentro de la Planificación Intermedia tiene restricciones asociadas que impiden el desarrollo de la actividad y se debe asignar responsables encargados de liberarlas. Esto involucra dos procesos: *Revisión* y *Preparación*.

La Revisión consiste en determinar la entrada de las actividades al período de lookahead dependiendo si sus restricciones pueden ser liberadas dentro de la duración establecida y a la probabilidad de removerlas antes del comienzo programado.

La Preparación consiste en gestionar las acciones necesarias para liberar o levantar las restricciones encontradas dejando la actividad lista para comenzar. Una vez que tengamos la certeza de que la restricción fue liberada, podemos

incluir estas actividades al Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE). (Sabbatino, D. 2011)

Algunas de las restricciones más comunes en la industria de la construcción son por Diseño, relacionada a la falta de planos y detalles; Materiales, Mano de Obra, Equipos, Pre-Requisito, relacionada a las actividades que están incompletas y que preceden a la tarea que se va a ejecutar, entre otras causas que varían de acuerdo al proyecto en ejecución.

**Tabla 2.2: Análisis de restricciones**

	Actividades	Diseño	Materiales	M.O.	Equipos	Pre-Requisitos	Filtro
	Nombre de tarea						
Depto 201	Barandas terrazas	S	S	S	S	S	
Depto 201	Cubiertas cocina y baño	S	N	S	S	S	HAY QUE HACER REBAJE EN FABRICA
Depto 201	Pasta y Pintura terrazas	S	S	S	S	N	FALTAN BARANDAS
Depto 201	Pintura terrazas	S	S	S	S	N	FALTAN BARANDAS
Depto 201	Kit de cocina	S	S	S	S	N	NO ESTAN LAS CUBIERTAS
Depto 201	Papel mural	S	S	S	S	N	NO HAY GUARDAPOLVOS
Depto 201	Piso Flotante	S	S	S	S	S	

Fuente: Elaboración propia, 2016

### 2.5.1.2.2 Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)

El Inventario de Trabajo Ejecutable son todas las actividades libres de restricciones de la Planificación Intermedia, por lo que pueden ser ejecutadas.

Dentro del ITE puede existir el siguiente tipo de actividad:

- Actividad con restricciones liberadas que pertenecen al ITE de la semana en curso que no pudieron ser ejecutadas.

- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen a la primera semana futura que se desea planificar.
- Actividades con restricciones liberadas con dos o más semanas futuras (situación ideal de todo planificador).

Una vez realizado el ITE, se puede pasar a la Planificación Semanal.

#### **2.5.1.3 Planificación Semanal**

La Planificación Semanal es la selección de tareas que se encuentran dentro del Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE) y que, como su nombre lo indica, se planifican para la semana de trabajo. Presenta un gran nivel de detalle y debe ser realizada por los supervisores de construcción que controlan directamente la ejecución del trabajo. (Barría, C. 2009)

Los planes de trabajo semanal son efectivos cuando las asignaciones se cumplen los cinco criterios de calidad:

- 1) *Definición:* Información específica para tener la información, materiales necesarios y poder coordinarse.
- 2) *Consistencia:* Todas las restricciones deben estar liberadas.
- 3) *Secuencia:* La asignación debe hacerse en orden de prioridad.

4) *Tamaño*: Es congruente con la unidad productiva asignada.

5) *Retroalimentación o aprendizaje*: Identificar las causas de por qué no se completa una asignación y analizarla para tomar medidas.

Para resumir, en la figura 2.7 se muestra el modelo general de planificación del proyecto usando el Sistema Last Planner, según Ballard:



Figura 2.7: Modelo general de planificación.

Fuente: Introducción a Lean Construction, Pons, 2014

## 2.5.2 Indicadores de Last Planner

### 2.5.2.1 Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)

Este indicador mide si los avances comprometidos por los Últimos Planificadores se lograron durante cada plan semanal. Se calcula como el número de actividades cumplidas dividido por el número de actividades totales en el período, logrando un indicador en unidad de porcentaje (Alarcón, 2008).

$$PAC \% = \frac{n^{\circ} \text{ de actividades cumplidas}}{n^{\circ} \text{ de actividades totales}} \cdot 100$$

La actividad se considera como completa sólo si se ha finalizado. Es decir, si se tiene menos de un 100% ejecutado de lo que se había programado hacer de la actividad durante la semana, se considera como no realizada. Si la actividad se encuentra completamente realizada se le asigna un 1 y si no se encuentra terminada según lo programado, se le asigna un 0. En la tabla 2.3 vemos un ejemplo de medición del PAC.

**Tabla 2.3: Planilla de medición del PAC**

		Semana 4		18-nov-16	19-nov-16	20-nov-16	21-nov-16	22-nov-16	
				SEMANA 4					
Dirección	Actividades	Fecha Inicio	Fecha Término	Mi	ju	vi	lu	ma	PAC
5°Piso - Moldaje Elevaciones	Moldajes Zona 3								1
5°Piso - Hormigonado Elevaciones	Hormigonado Zona 3								1
5°Piso - Moldaje Carpintería Losas	Moldaje Losas Zona 2								1
5°Piso - Moldaje Carpintería Losas	Moldaje Losas Zona 3								1
5°Piso - Enfierradura Losas Cielo	Enfierradura Losa Zona 1								1
5°Piso - Enfierradura Losas Cielo	Enfierradura Losa Zona 2								1

Fuente: Elaboración propia, 2017

Actualmente, este índice se reemplazó por PPC (Porcentaje de Programa Completo), pero para esta memoria se utilizó el PAC, ya que así fue implementado en las obras.

### 2.5.2.2 Causas de No Cumplimiento (CNC)

Son las razones por las cuales no se cumplieron las actividades comprometidas. Estas deben ser reportadas por el Último Planificador en cada reunión semanal e identificar su origen.

**Tabla 2.4: Ejemplos de Causas de No Cumplimiento**

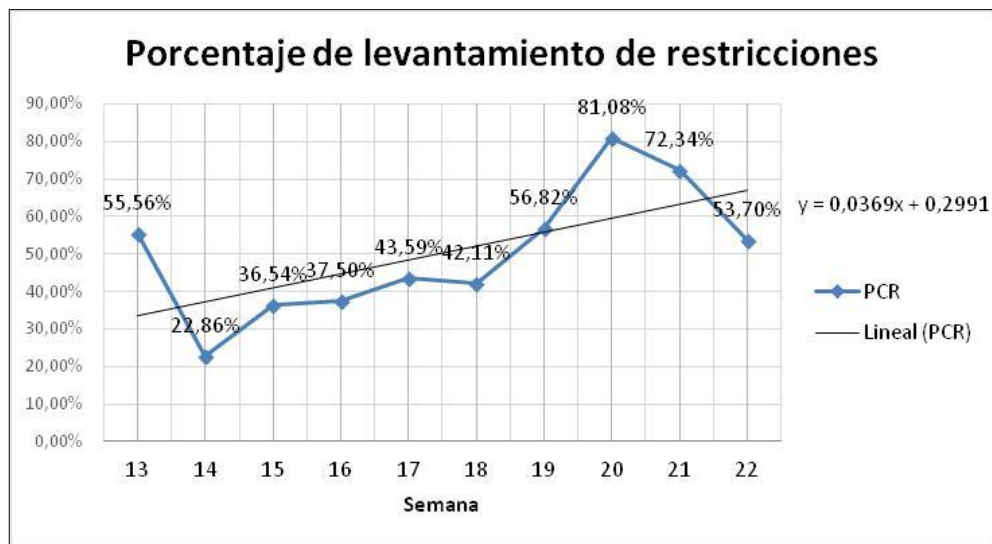
	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN
<b>Instrucciones</b>	Cambios en criterios de diseño sin considerar requerimientos claves	Cambios en las instrucciones del mandante no informadas en forma adecuada
<b>Requisitos Previos de Trabajo</b>	Información necesitada por el dueño esperando confirmación del vendedor	Materiales no llegaron, información requerida no llega, otro contratista aún no está trabajando, no hay accesos al área
<b>Recursos</b>	Falla en equipos	Falta de equipos y herramientas. Escasez de mano de obra
<b>Procesos o Productos</b>	Tiempo insuficiente, error de cálculo descubierto	Tiempo insuficiente, falta de coordinación, emergencias.

Fuente: Administración de Proyectos Civiles, Alarcón & Campero, 2008

### 2.5.2.3 Porcentaje de Cumplimiento de Restricciones (PCR)

Muestra cómo ha sido el desempeño en la liberación de restricciones comprometidas en la Planificación Intermedia. Es importante tener responsables claros en la liberación para una mejor planificación a corto plazo. (Marín, J. 2015).

En la figura 2.8 se muestra la tendencia al alza en el porcentaje de levantamiento de restricciones, realizadas durante la semana 13 y la 22 de un proyecto en análisis:



**Figura 2.8: Gráfico resumen de porcentaje de levantamiento de restricciones**

Fuente: Oficina técnica Edificio San Miguel, 2017.



### 2.5.3 Reuniones Semanales

Las tareas asignadas para cada responsable deben realizarse idealmente en una reunión semanal, donde participan todos los estamentos involucrados. Algunos de los propósitos de la reunión son los siguientes (Barría, C. 2009):

- Evaluar el PAC de la semana anterior.
- Analizar las Causas de No Cumplimiento.
- Determinar las actividades que entran en la planificación intermedia, analizando y responsabilizando las restricciones de cada tarea ingresada.
- Realizar un adecuado análisis de las restricciones (revisión y preparación).
- Determinar el Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE) para la próxima semana.
- Formular el plan de trabajo para la semana siguiente.

### 3.- METODOLOGÍA

La presente tesis se realiza bajo la metodología de estudios de casos por observación participante. Toda la información se tomará en dos proyectos reales y los resultados obtenidos son válidos sólo para cada caso en particular.

Los pasos a seguir para el desarrollo de este estudio son los siguientes:

- Recopilación bibliográfica acerca de la planificación bajo el método tradicional, la filosofía Lean Construction y el Sistema Last Planner, para poder tener una base conceptual adecuada y entender las diferencias entre cada una de ellas.
- Implementación del Sistema Last Planner durante 13 semanas para edificio en etapa de terminaciones y de 22 semanas para edificio en etapa de obra gruesa.
- La manera de medir los efectos de la implementación del Sistema Last Planner será controlando los avances físicos de cada partida, midiendo el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) y se llevará un registro de las Causas de No Cumplimiento (CNC) de las actividades no cumplidas en la planificación semanal.
- Finalmente se hará un análisis de los datos obtenidos, presentado en gráficos, donde se concluirá acerca de la implementación del Sistema Last Planner y qué mejoras se le puede realizar.

## 4.- PRESENTACIÓN DE LOS CASOS

## 4.1 Descripción de proyectos en estudio

Para el desarrollo de la investigación, se tomaron dos proyectos en ejecución, ambos edificios habitacionales en altura, que para esta tesis serán nombrados como “Edificio Las Condes”, donde se recolectaron datos en etapa de terminaciones y “Edificio San Miguel”, en etapa de obra gruesa.

### 4.1.1 Caso 1: Edificio Las Condes

#### 4.1.1.1 Ubicación

Se encuentra ubicado en Av. Cristóbal Colón #6470, entre las calles Los Alpes y Bello Horizonte, comuna de Las Condes.



Figura 4.1: Ubicación Edificio Las Condes.

Fuente: Google Maps, 2017

#### 4.1.1.2 Datos generales

- 15 pisos y 2 subterráneos, sala de máquinas, piscina y quincho
- Cantidad de departamentos : 40
- Plazo total obra : 14 meses
- Superficie total : 9.769,66 m<sup>2</sup>

#### 4.1.2 Caso 2: Edificio San Miguel

##### 4.1.2.1. Ubicación

Se encuentra ubicado en la calle Octava Avenida #1358, entre las calles Segunda y Tercera Transversal, comuna de San Miguel.

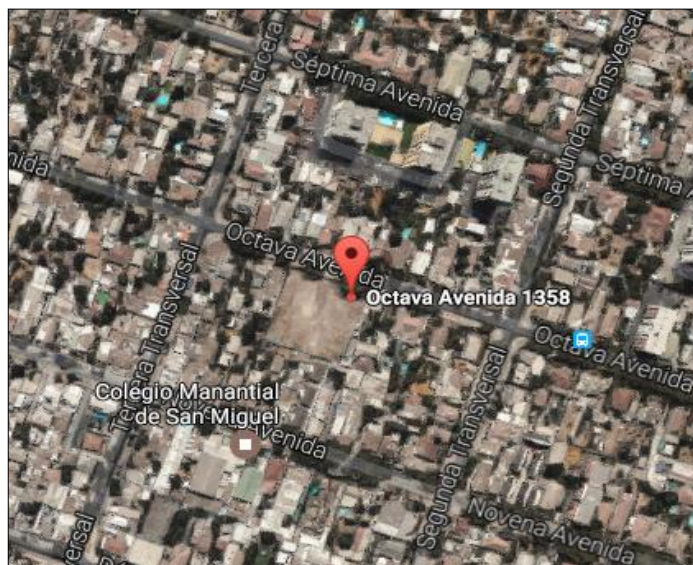


Figura 4.2: Ubicación Edificio San Miguel.

Fuente: Google Maps, 2017

#### 4.1.2.2 Datos generales

- 16 pisos y 2 subterráneos, sala de máquinas, piscina para adultos y niños, quincho y sala de uso múltiple.
- Cantidad de departamentos : 157
- Plazo total de la obra : 19 meses
- Superficie total : 12.384,52 m<sup>2</sup>

#### 4.2 Implementación del Sistema Last Planner en Edificio Las Condes y Edificio San Miguel.

El problema principal de la planificación en una obra es que ésta pocas veces se cumple tal cual lo indica la programación, pues aparecen diferentes imprevistos que por más que se reflejen en una cierta holgura, es imposible preverlos ni saber cuánto tiempo tomará solucionarlos. Cuando aparecen estas primeras situaciones, es también cuando surge la pregunta que se hizo al principio de esta tesis: ¿cumpliremos con la fecha de entrega?

Esto sucedió en varias obras de la empresa constructora analizada. Al ver que todos los proyectos en ejecución estaban teniendo problemas similares y con esto se comprometían plazos de entrega, se decidió a nivel gerencial tomar medidas al respecto. Para esto, se solicitó a un ITO de una empresa externa asesorar a todas las obras en la implementación del Sistema Last Planner, para la mayoría desconocido.

La primera obra donde se implementa fue en “Edificio Las Condes”, pues era uno de los proyectos más avanzados, donde se aproximaba la fecha de entrega y se veía con mucha dificultad poder cumplirla debido a problemas con

proveedores y subcontratos. La idea original de esto fue principalmente poder recuperar el tiempo perdido o hacer del atraso el menor tiempo posible para evitar multas por parte de la inmobiliaria, debido al incumplimiento de contrato.

Luego, se continuó con un edificio donde se tenía la posibilidad de comenzar con este sistema desde el principio de la obra gruesa, como fue el caso de “Edificio San Miguel”. Sin embargo, ambos proyectos no tuvieron la continuidad necesaria, por diversos motivos que se explicarán más adelante.

#### **4.2.1 Metodología de la implementación del Sistema Last Planner**

A continuación se explicará paso a paso el proceso de la implementación del Sistema Last Planner para las distintas obras de la empresa constructora en estudio.

##### **4.2.1.1 Reunión de coordinación con el grupo de trabajo**

Al ser un sistema relativamente nuevo en el país y prácticamente desconocido para la mayoría de los trabajadores de la empresa constructora, se realizó una reunión en oficina central con todos los grupos que llevarían a cabo la responsabilidad de la implementación del Last Planner en cada obra. Allí se explicó brevemente cuáles son los principios de la filosofía Lean Construction, cómo se implementaría el sistema del Último Planificador, los indicadores que se medirían y los resultados que se esperaban obtener.

El grupo involucrado en cada obra estaba compuesto por Administrador de Obra, Jefe de Terreno, Jefe y Ayudante de Oficina Técnica. La reunión fue guiada por el ITO externo (perteneciente a otra empresa del mismo grupo



inmobiliario dueño de la constructora), quién sería el encargado de presentar informes semanales a gerencia, de acuerdo a los análisis de datos enviados por cada obra, donde en todos los casos se asignó esta tarea a la Oficina Técnica.

En la reunión se enfatiza el compromiso que se debía tener para la implementación, cumplir con la entrega cada semana y sobre todo dar información fidedigna, pues estos informes se presentarían al directorio de la constructora.

Al ser una medida impuesta, obligatoria y sobre todo desconocida, la mayoría se muestra reacia a llevarlo a cabo. Sin embargo, la totalidad de las obras lograron implementar el sistema, algunas con mayor dificultad que otras, pero con la ayuda de visitas semanales por parte del ITO externo.

#### **4.2.1.2 Desarrollo de la Planificación Intermedia**

Antes de desarrollar la Planificación Intermedia fue necesario hacer una reprogramación de la etapa de terminaciones del Edificio Las Condes bajo el software Microsoft Project, donde se definió la línea base del proyecto, que es una especie de “foto” de la planificación al comienzo de las tareas. Al ir dando avance físico ésta queda guardada y se puede apreciar el atraso o adelanto de la tarea respecto a su programación inicial.

La idea de la Planificación Intermedia es tener una visión acerca de los problemas que pudiesen surgir en un horizonte entre 4 a 6 semanas y así poder adelantarse y solucionarlos al momento de tener que ejecutar la actividad programada. Para este caso se estableció como intervalo de tiempo 6 semanas.

Posterior a esto, se revisa el programa en el Project y se copian a una planilla Excel todas las actividades que están incompletas dentro del período de 6 semanas que fue definido, donde se especifica la fecha de inicio y término de cada una.

En esta planilla se encuentran además 5 restricciones para cada actividad que fueron consideradas para el estudio: Diseño, Materiales, Mano de Obra, Equipos, y Pre-requisitos, las cuales se disponen en columnas. Junto con esto, se agrega una casilla de filtro, donde se colocará con más detalle la razón de la restricción.

El avance se medía cada jueves por la Ayudante de Oficina Técnica, por lo que la Planificación Intermedia se hacía ese día también, con el fin de entregar el día viernes la Planificación Semanal a cada responsable en una reunión de coordinación donde participaba el Jefe de Terreno junto a Capataces y Subcontratos.

#### **4.2.1.3 Elaboración del Inventario de Trabajo Ejecutable**

Cada actividad que queda liberada de las 5 restricciones, pasa a ser ejecutable y el conjunto de éstas forman el Inventario de Trabajo Ejecutable. En esta segunda planilla se copia todas las tareas liberadas, con su respectiva fecha de inicio y término. Como éstas pueden ser una gran cantidad imposible de ejecutar en la misma semana, en otra columna se coloca una casilla para ser marcada en caso que la tarea entre a la planificación semanal.

**Tabla 4.1: Planilla de Inventario de Trabajo Ejecutable**

Inventario de Trabajo Ejecutable

SEMANA:

Direccion	Actividades	Fecha Inicio	Fecha Término	Lu	Ma	Mi	Ju	vie	?	Entrada en la Semana	Responsabilidad
13°Piso -Moldaje Carpinteria	Moldaje Losas Zona 3	mar 31-01-17	mar 31-01-17							?	
13°Piso -Enfierradura Losas Cielo	Enfierradura Losa Zona 2	mié 01-02-17	mié 01-02-17							?	
13°Piso -Enfierradura Losas Cielo	Enfierradura Losa Zona 3	mié 01-02-17	mié 01-02-17							?	
13°Piso -Instalaciones Losas Cielo	Instalaciones Losa Zona 2	mié 01-02-17	mié 01-02-17							?	
13°Piso -Instalaciones Losas Cielo	Instalaciones Losa Zona 3	mié 01-02-17	mié 01-02-17							?	
13°Piso -Hormigón Losas Cielo	Hormigonado Zona 2	jue 02-02-17	jue 02-02-17							?	
13°Piso -Hormigón Losas Cielo	Hormigonado Zona 3	jue 02-02-17	jue 02-02-17							?	
14°Piso -Trazado Elevaciones	Trazados Zona 2	vie 03-02-17	vie 03-02-17							?	

Fuente: Elaboración propia, 2017

#### 4.2.1.4 Entrega de la Planificación Semanal

Una vez filtradas las actividades del Inventario de Trabajo Ejecutable, se constituía la Planificación Semanal. Ésta es una tercera planilla, donde aparece la actividad programada, el responsable a cargo y el subcontrato involucrado. En esta planilla también aparecen otras columnas, donde posteriormente en el análisis de resultados se completará con el porcentaje de realización y las Causas de No Cumplimiento.

Todos los lunes se realiza una Reunión de Coordinación donde se les entrega a cada responsable la Planificación Semanal (Jefe de Obra, Capataces y Supervisores de Subcontratos). Los puntos más importantes a tratar eran los siguientes:

- Revisión del PAC de la semana anterior
- Comentarios y análisis acerca de las Causas de No Cumplimiento
- Revisión y distribución de la Planificación Semanal siguiente
- Revisión de restricciones del horizonte de trabajo

La asistencia de estas reuniones es de carácter obligatorio, para que todos estuviesen en conocimiento de las tareas programadas y tuvieran la posibilidad de exponer los inconvenientes que pudiesen tener. Es importante para la implementación de este sistema que todos se sientan involucrados, para generar compromiso y así tener buenos resultados.

**Tabla 4.2: Planilla de Planificación Semanal**

OBRA:		PLANIFICACIÓN SEMANAL						
Semana								
Fecha								
PAC								
Dirección	Actividad	Fecha Inicio	Fecha Término	Responsable	SUBCONTRATO	CUMPLIMIENTO	CAUSA DE NO CUMPLIMIENTO	
							Clasificación General	Especifique Detalle
Depto 301	Barandas terrazas							
Depto 402	Papel mural							
Depto 501	Barandas terrazas							
Depto 601	Guardapolvos							
Depto 602	Guardapolvos							
Depto 603	Papel mural							
Depto 603	Guardapolvos							
Depto 701	Barandas terrazas							

Fuente: Elaboración propia, 2017

## 4.2.2 Resultados de la implementación en los casos de estudio

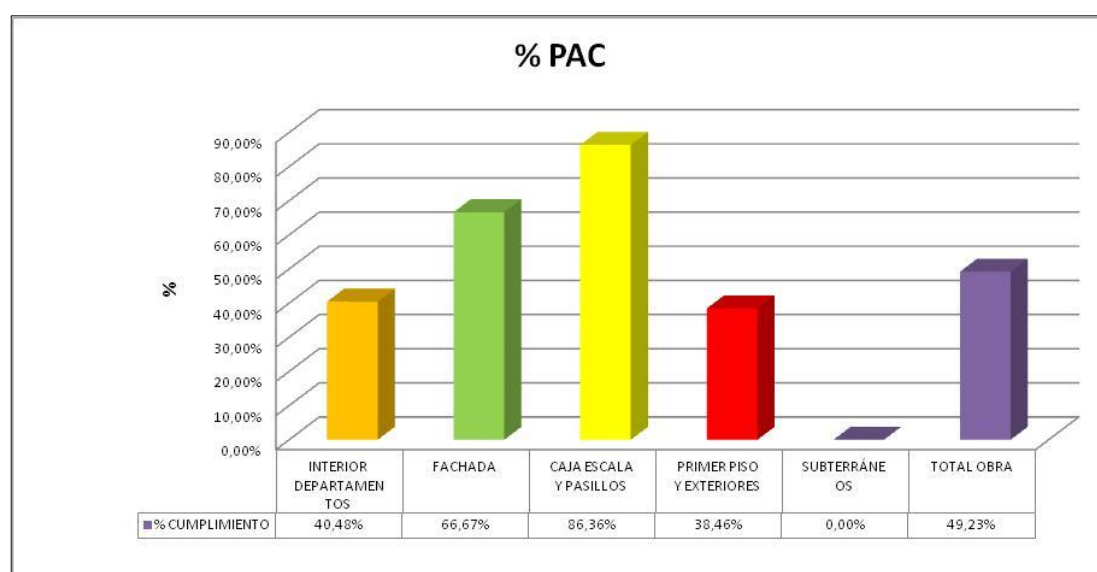
A continuación se muestran los resultados obtenidos en ambos edificios de la implementación del Sistema del Último Planificador.

### 4.2.2.1 Caso 1: Edificio Las Condes

Para este caso se hizo una evaluación de 13 semanas consecutivas en etapa de terminaciones, donde el programa se dividió en: interior de departamentos, fachada, caja escala y pasillos, primer piso. Cada actividad estuvo asociada a un contratista responsable o a la empresa constructora, en caso que fueran trabajos por la casa, los que a medida que fue avanzando el tiempo, fueron

evaluados en forma individual, como una manera de controlar la frecuencia de las Causas de No Cumplimiento y poder tomar medidas al respecto.

En la figura 4.3 se puede apreciar los porcentajes de actividades cumplidas (PAC) de acuerdo a la división que se hizo del programa en una semana de evaluación:



**Figura 4.3: Evaluación del PAC caso 1**

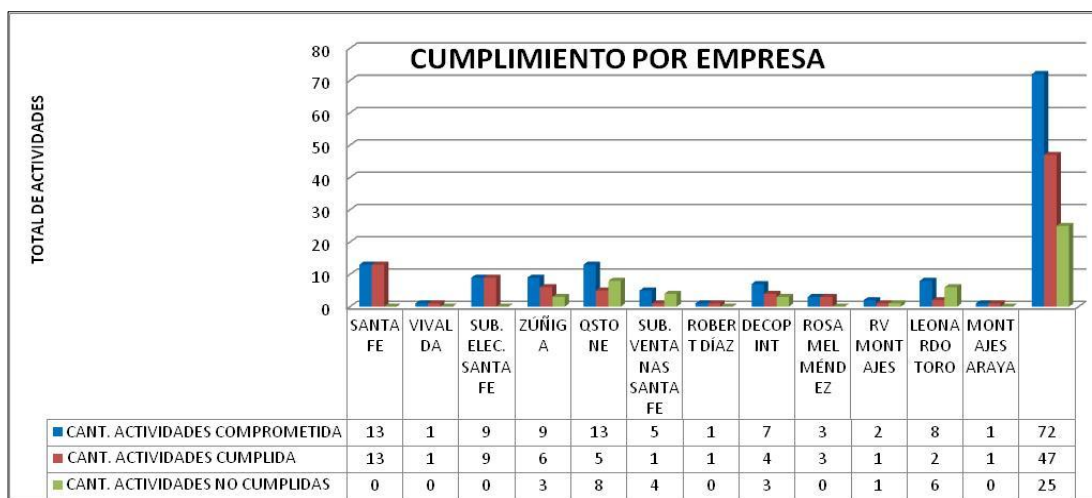
Fuente: Elaboración propia, 2016.

En la tabla 4.3 se detalla de acuerdo a la especialidad y empresa el porcentaje de actividades cumplidas, donde en las reuniones semanales se les hacía entrega de sus resultados y dar las explicaciones en caso de que tuvieran PAC muy bajos o presentaran alguna dificultad para completar sus tareas asignadas.

**Tabla 4.3:** Análisis porcentaje de actividades cumplidas (PAC) por empresa

ESPECIALIDAD	EMPRESA	CANT. ACTIVIDADES COMPROMETIDA	CANT. ACTIVIDADES CUMPLIDA	CANT. ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS	% CUMPLIMIENTO
CONSTRUCTORA	SANTAFE	13	13	0	100%
SANITARIOS	VIVALDA	1	1	0	100%
ELECTRICOS	SUB. ELEC. SANTAFE	9	9	0	100%
TABIQUES	ZÚÑIGA	9	6	3	67%
MUEBLES	QSTONE	13	5	8	38%
VENTANAS	SUB. VENTANAS SANTAFE	5	1	4	20%
CERÁMICA	ROBERT DÍAZ	1	1	0	100%
PINTURAS	DECOPINT	7	4	3	57%
MAQUILLAJES	ROSAMEL MÉNDEZ	3	3	0	100%
ANDAMIOS	RV MONTAJES	2	1	1	50%
PUERTAS	LEONARDO TORO	8	2	6	25%
HOJALATERÍA	MONTAJES ARAYA	1	1	0	100%
		<b>72</b>	<b>47</b>	<b>25</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2016.

**Figura 4.4:** Gráfico cumplimiento por empresa

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Luego de 13 semanas de implementación del Last Planner, la evolución del PAC fue la siguiente:

**Tabla 4.4: Evolución del PAC (caso 1)**

Semana	PAC	PAC Promedio
1	41,86%	41,86%
2	46,34%	44,10%
3	65,28%	51,16%
4	36,63%	47,53%
5	48,75%	47,77%
6	50,00%	48,14%
7	61,62%	50,07%
8	35,35%	48,23%
9	36,13%	46,88%
10	52,63%	47,46%
11	53,62%	48,02%
12	61,21%	49,12%
13	49,23%	49,13%
Promedio	49,13%	

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En la figura 4.5 se muestra mediante un gráfico la evolución del PAC, donde las barras representan el porcentaje de actividades cumplidas de cada semana y la línea representa el promedio acumulado. Se puede apreciar que el promedio de las 13 semanas de implementación es bastante bajo, no superando el 50% de cumplimiento.

Particularmente, las semanas 4, 8 y 9 tuvieron un porcentaje de cumplimiento inferior al 40%, donde la principal causa de no cumplimiento fueron los contratistas.



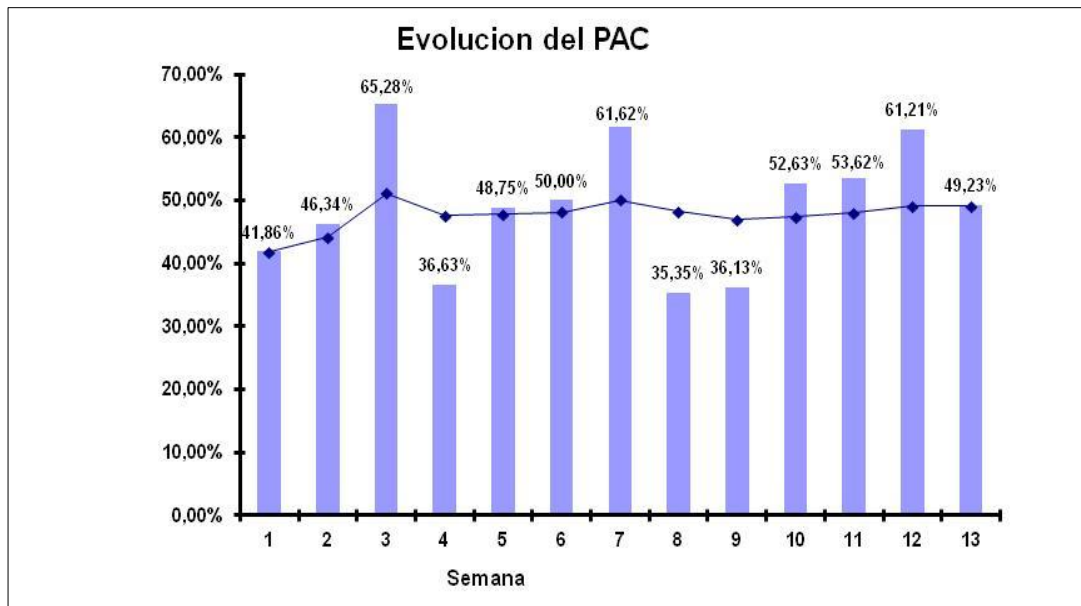


Figura 4.5: Evolución del PAC caso 1

Fuente: Elaboración propia, 2016.

A pesar que la tendencia fue positiva durante el período de implementación, como se muestra en la figura 4.6, no fue suficiente para revertir los atrasos ni los malos resultados que estaba teniendo la obra en ese minuto.

Luego de 13 semanas se puso fin a la implementación en este edificio, ya que la gerencia decidió cambiar el administrador de la obra y con esto hubo un período de reestructuración interna. Posteriormente se intentó retomarlo, con 2 semanas más de mediciones, pero finalmente se desistió al no poder hacerlo de forma constante.

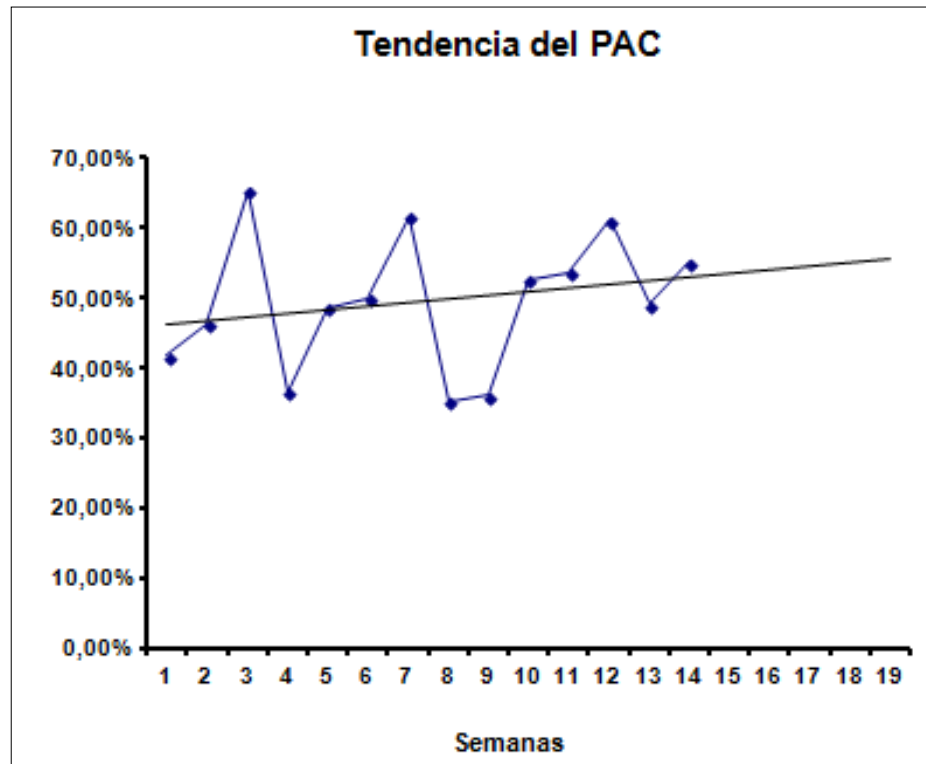


Figura 4.6: Tendencia del PAC caso 1

Fuente: Elaboración propia, 2016.

También se puede apreciar mediante el gráfico de la figura 4.7 la relación entre el PAC y la variabilidad, donde la idea de la utilización del Last Planner es que ésta última disminuya, es decir, los puntos se concentren cercanos y superiores al 70% y con poco distanciamiento entre sí:

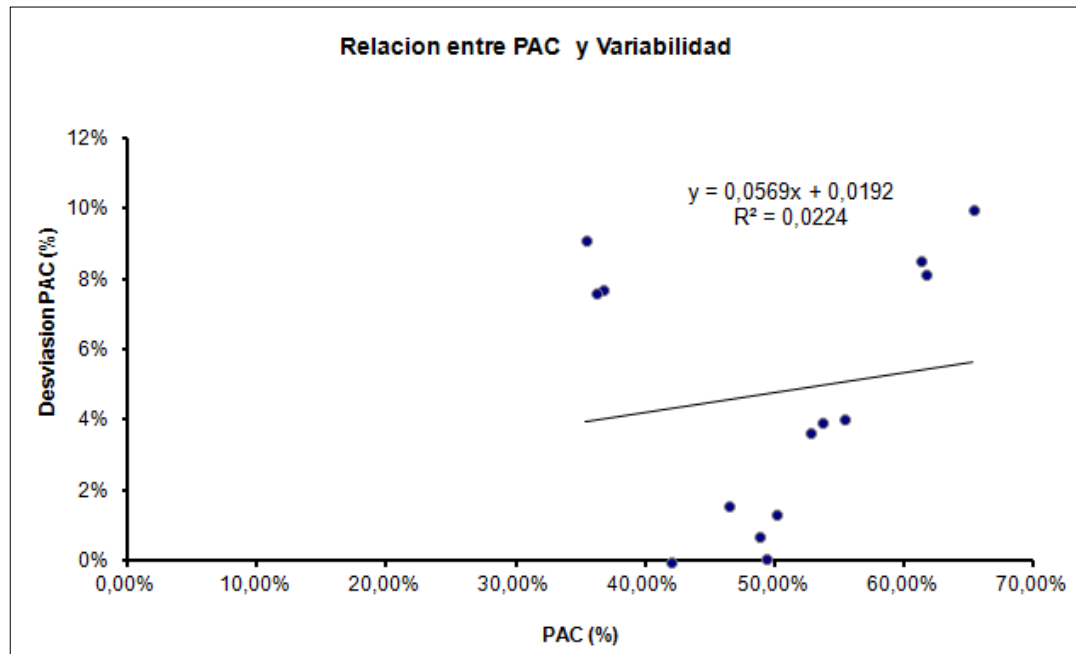


Figura 4.7: Relación entre PAC y variabilidad caso 1

Fuente: Elaboración propia, 2016

La totalidad de las Causas de No Cumplimiento para el caso 1 se muestran en la siguiente tabla y se grafica el porcentaje de incidencia, tal como lo indica la figura 4.8. En ella se ve claramente que el principal problema que tuvo esta obra fue el incumplimiento por parte de los contratistas, seguido por falta de pre-requisito, cuyo responsable era la constructora:

Tabla 4.5: Resumen de Causas de No Cumplimiento (Caso 1)

C.N.C.	Semanas														$\Sigma$	Porcentaje de Incidencia	Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
Contratista	8	9	22	46	27	20	25	42	66	54	38	25	51	29	462	65%	65%
Prerequisito	5	7	2	1	7	17	6	19	6	2	4	2	3	3	84	12%	76%
Material	4	2	0	8	4	3	4	0	0	6	1	5	5	4	46	6%	83%
Mala Planificación	4	2	1	7	2	1	0	0	0	0	8	0	0	21	46	6%	89%
Mano de Obra	3	1	0	2	1	2	2	3	1	8	2	8	2	9	44	6%	96%
Proveedor	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0%	96%
Mala ejecución del Trabajo	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	5	1%	96%
Cambios de Diseño	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	96%
Diseño	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	96%
Maquinas y Equipos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5	1%	97%
Incompleta	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	11	0	3	0	18	3%	100%
Factores Climáticos	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0%	100%
TOTAL	26	22	25	64	41	43	38	64	76	72	64	45	66	68	714	100%	

Fuente: Elaboración propia, 2016.

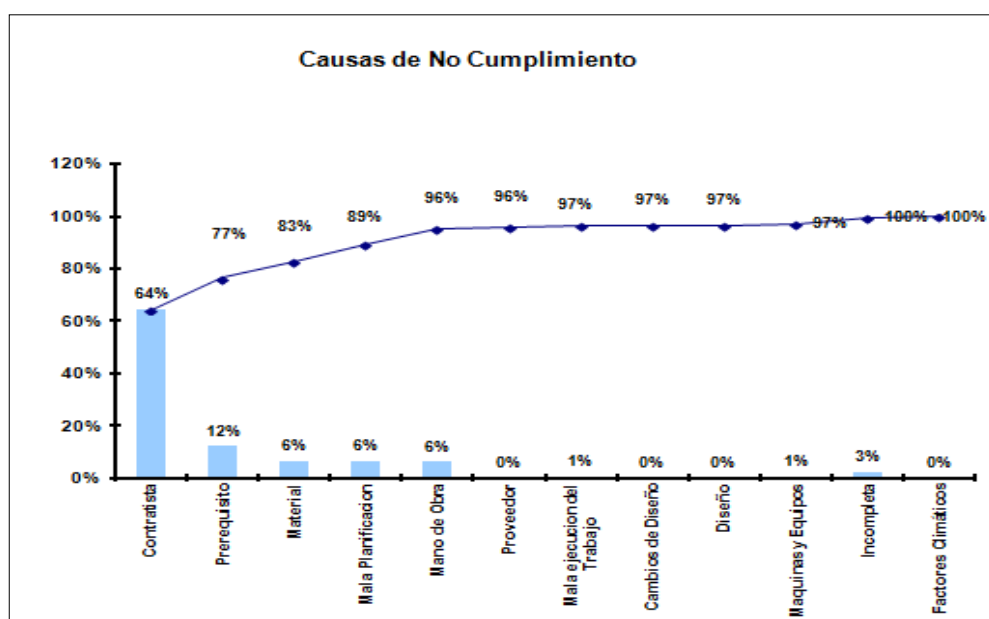


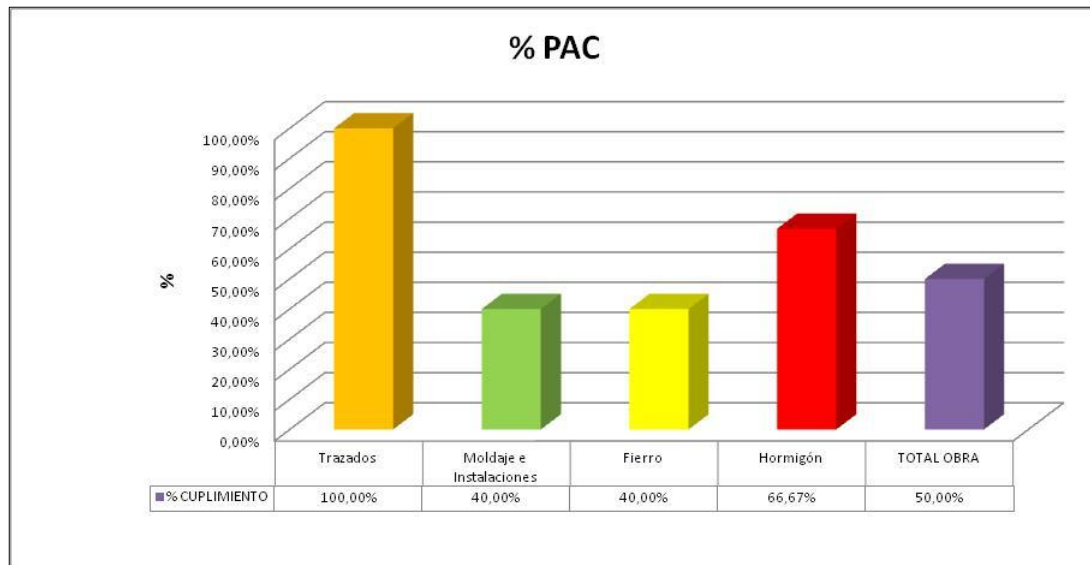
Figura 4.8: Porcentaje de incidencia de las CNC caso 1

Fuente: Elaboración propia, 2016.

#### 4.2.2.2 Caso 2: Edificio San Miguel

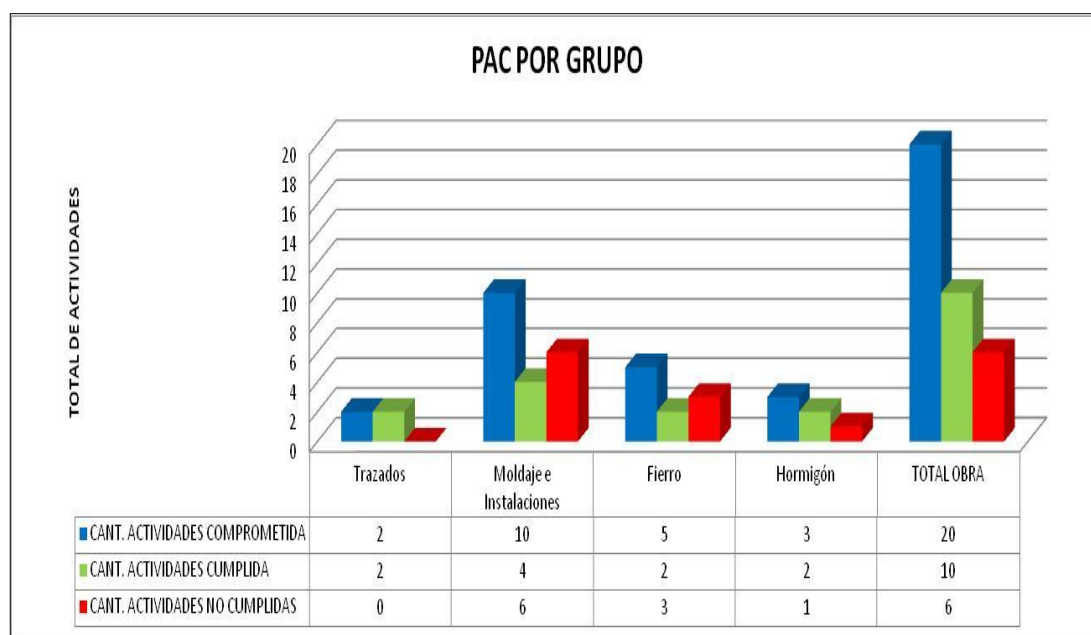
Para el caso 2, la obra se encontraba en etapa de obra gruesa, por lo que el programa estaba dividido en: trazados, moldaje e instalaciones, enfierradura y hormigón.

En la figura 4.9 se muestra un ejemplo de una semana en medición del PAC y en la figura 4.10 se detalla en PAC por empresas de la misma semana:



**Figura 4.9: Evaluación PAC caso 2**

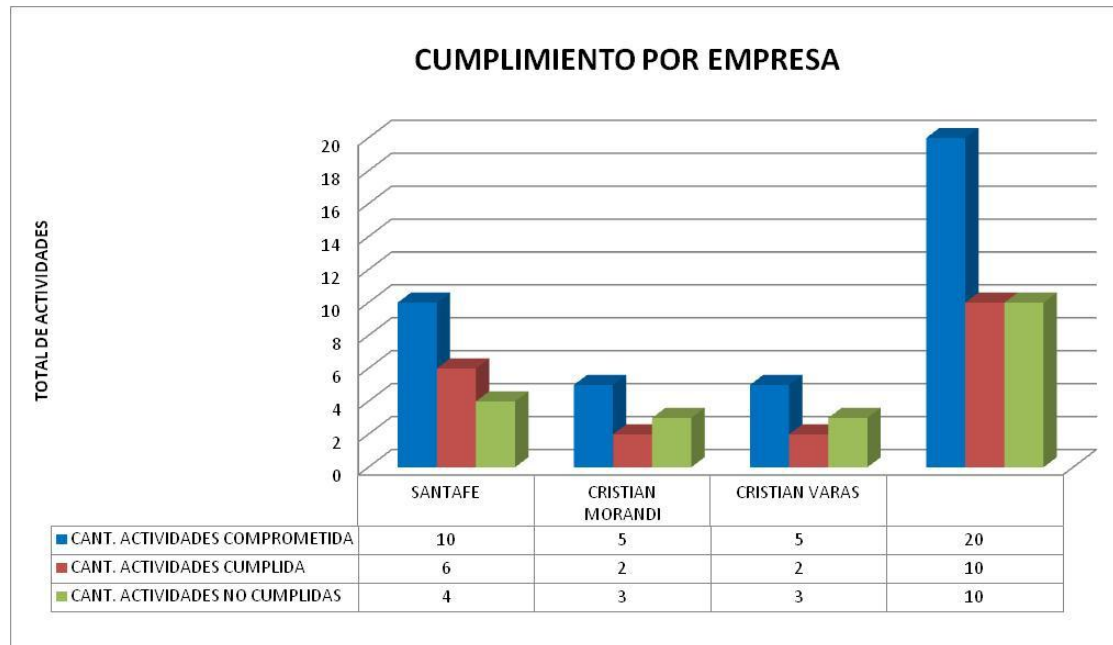
Fuente: Oficina técnica Edificio San Miguel, 2017



**Figura 4.10: Gráfico PAC por empresa caso 2**

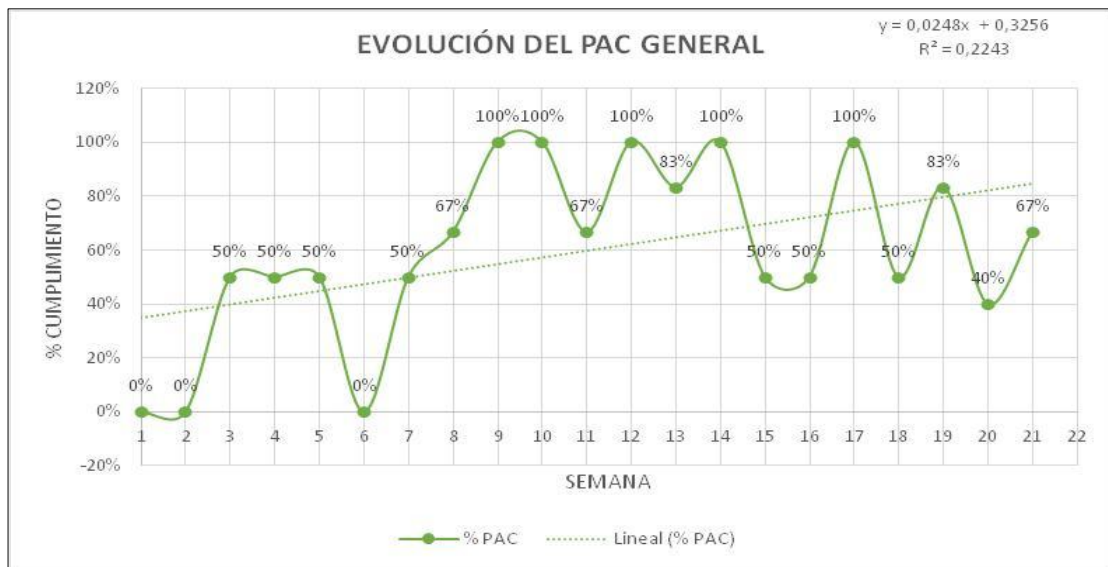
Fuente: Oficina técnica Edificio San Miguel, 2017

Para este caso, también se llevó un control de los contratistas, como se muestra en la figura 4.11 y uno más detallado por cada uno, donde se indica en la figura 4.12:



**Figura 4.11: Gráfico de cumplimiento por empresa caso 2**

Fuente: Oficina técnica Edificio San Miguel, 2017.



**Figura 4.12: Gráfico del PAC por subcontrato de moldaje caso 2**

Fuente: Oficina técnica Edificio San Miguel, 2017

Luego de 22 semanas de implementación, la evolución y tendencia del PAC fue la siguiente:

**Tabla 4.6: Evolución del PAC (caso 2)**

Semana	PAC	PAC Promedio
1	32,36%	32,36%
2	17,29%	24,83%
3	42,11%	30,59%
4	50,00%	35,44%
5	58,33%	40,02%
6	73,33%	45,57%
7	54,55%	46,85%
8	58,33%	48,29%
9	81,82%	52,01%
10	78,57%	54,67%
11	56,25%	54,81%
12	66,67%	55,80%
13	53,33%	55,61%
14	70,83%	56,70%
15	56,25%	56,67%
16	60,00%	56,88%
17	57,14%	56,89%
18	50,00%	56,51%
19	68,18%	57,12%
20	50,00%	56,77%
21	64,29%	57,13%
22	87,50%	58,51%
Promedio	58,51%	

Fuente: Oficina técnica Edificio San Miguel, 2017



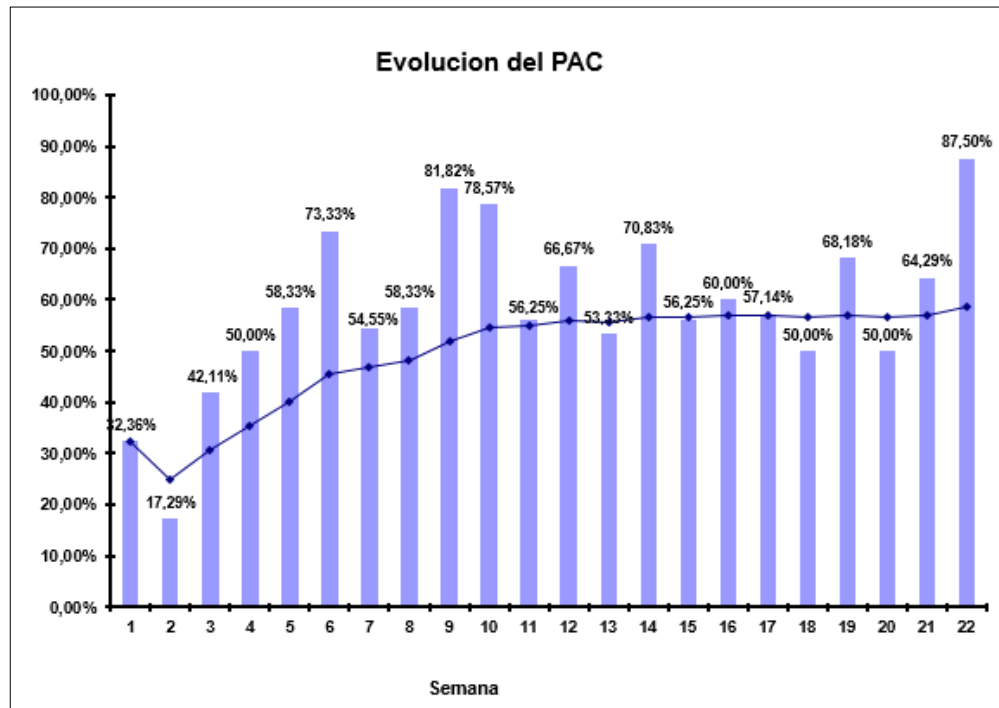


Figura 4.13: Evolución del PAC caso 2

Fuente: Oficina técnica Edificio San Miguel, 2017.

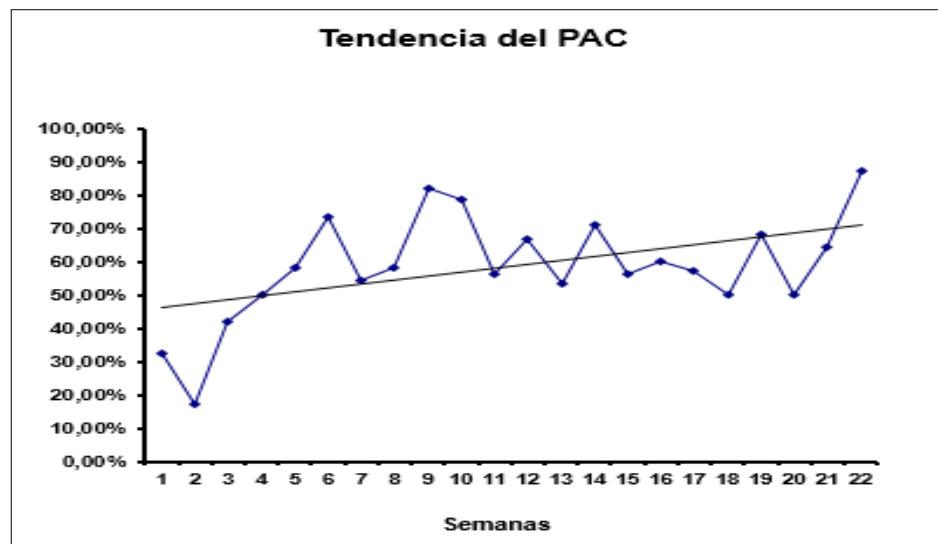


Figura 4.14: Tendencia del PAC caso 2

Fuente: Oficina técnica Edificio San Miguel, 2017.

Para el caso 2 se solicitó agregar un indicador más, llamado Porcentaje de Cumplimiento de Restricciones (PCR), que como se mencionó anteriormente muestra cómo ha sido el desempeño en la liberación de restricciones comprometidas en la Planificación Intermedia.

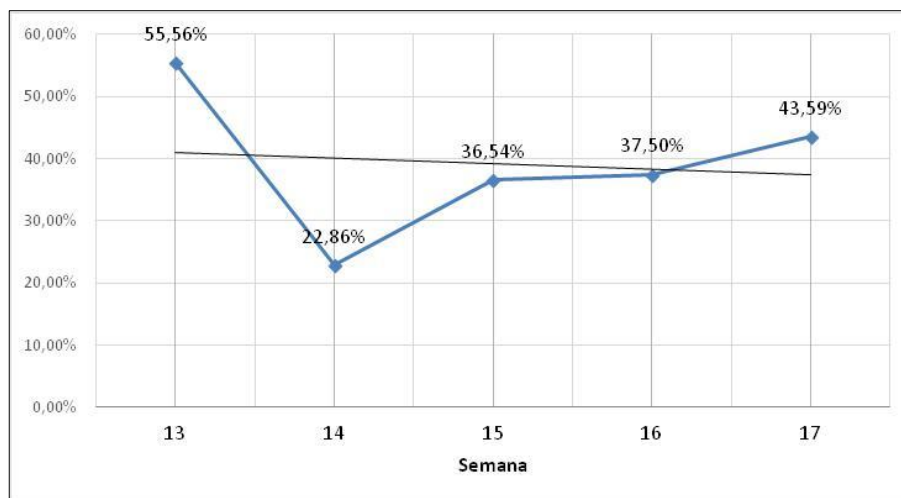
**Tabla 4.7: Porcentaje de cumplimiento de restricciones (caso 2)**

Semana actual	Restricciones			
	Totales	Finales	Levantadas	%
Semana actual	39	22	17	43,59%

Semana	Restricciones				Promedio
	Totales	Finales	Levantadas	%	
13	45	20	25	55,56%	55,56%
14	35	27	8	22,86%	39,21%
15	52	33	19	36,54%	38,32%
16	48	30	18	37,50%	38,11%
17	39	22	17	43,59%	39,21%

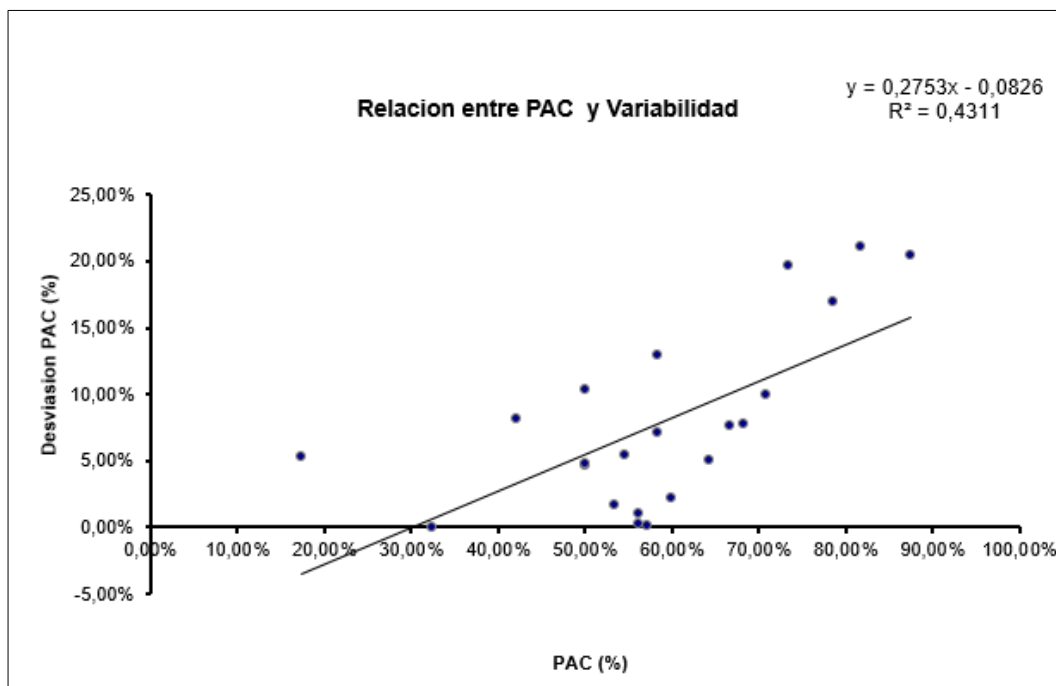
Fuente: Oficina técnica Edificio San Miguel, 2017



**Figura 4.15: Gráfico de Porcentaje de cumplimiento de restricciones entre semana 13 y 17 (caso 2)**

Fuente: Oficina técnica Edificio San Miguel, 2017.

La relación entre PAC y variabilidad en el caso 2, es bastante mejor que en el caso anterior, pues como se ve en la figura 4.16, existe una mayor concentración de puntos entre el 50% y el 80%, por lo que este proyecto tuvo menor variabilidad:



**Figura 4.16: Relación entre PAC y variabilidad (caso 2)**

Fuente: Oficina técnica Edificio San Miguel, 2017.

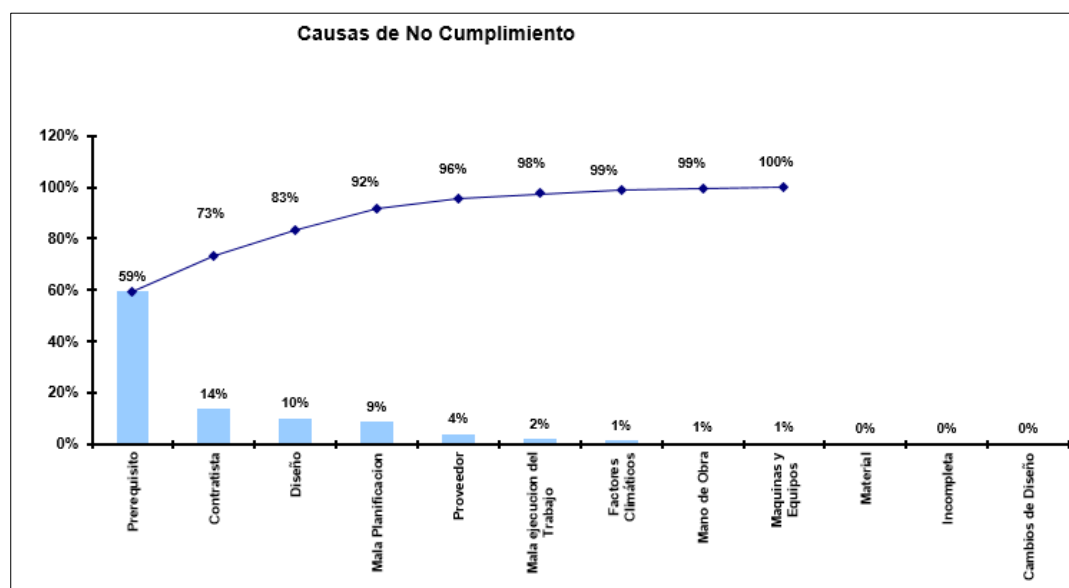
Las Causas de No Cumplimiento para el caso 2 se debieron principalmente a problemas de pre-requisito, donde la constructora es la responsable de tener la tarea predecesora lista. Sin embargo, un porcentaje tal alto genera dudas, ya que puede ser que estén mal programadas, pues no deberían aparecer tareas planificadas que no tengan la restricción de pre-requisito liberada, tal y como se

muestra en el seguimiento por las 22 de semanas de implementación, en la figura 4.17 y 4.18

C.N.C.	Semanas																						Σ	Porcentaje de Incidencia	Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
Prerequisito	7	6	5	4	1	3	2	4	1	2	7	4	4	3	4	6	4	5	6	8	8	1	95	59%	59%
Contratista	0	3	2	2	2	1	3	1	1	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	2	2	0	22	14%	73%
Diseño	14	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	10%	83%
Mala Planificación	0	7	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	14	9%	92%
Proveedor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	1	6	4%	96%
Mala ejecución del Trabajo	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	2%	98%
Factores Climáticos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1%	99%
Mano de Obra	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1%	99%
Maquinas y Equipos	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1%	100%
Material	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	100%
Incompleta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	100%
Cambios de Diseño	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	100%
TOTAL	21	19	11	8	5	4	5	5	2	2	7	4	6	7	7	6	6	6	7	10	10	2	160	100%	

**Figura 4.17: Cuadro resumen de CNC**

Fuente: Oficina Técnica Edificio San Miguel, 2017



**Figura 4.18: Gráfico resumen de porcentaje de incidencia de CNC (caso 2)**

Fuente: Oficina técnica, 2017.

En rigor, el tiempo de implementación en este proyecto duró más de 22 semanas, pero existen datos incompletos de ahí en adelante, por lo que para esta tesis sólo se tomó en cuenta el análisis en ese período para evitar errores de interpretación.

Luego de 35 semanas de utilización del Sistema Last Planner en edificio San Miguel, se dio por finalizada su ejecución, pues la constructora tomó la decisión de incluir dentro de sus profesionales un Jefe de Planificación, quien llevaría el control de todos los proyectos.

#### **4.2.3 Análisis y comentarios**

A continuación se presentan comentarios acerca de los resultados obtenidos, de la experiencia adquirida por la implementación y las dificultades que ocurrieron:

- Para el caso 1, Edificio Las Condes, la Planificación Intermedia no se logró desarrollar adecuadamente, ya que como esta obra estaba con problemas de atraso, se hizo un programa sin mucho análisis para ser presentado en la primera reunión en oficina central, sin saber para qué era específicamente, generando que se dejara muchas partidas fuera del programa o sin detallar más las tareas, como en el caso del primer piso y exteriores, pues aunque se cumpliera una actividad en específico, faltaban muchas otras por incluir y que no estaban dentro de la planificación. A raíz de esto, en la Semana 3 fue necesario abrir más el programa por paquetes de trabajo, como se explicó en el punto 2.1.2, para tener un mayor control de las actividades.

Ocurrió también que el horizonte de trabajo a partir de la Semana 9, se amplió a 8 semanas, a modo de prever con mayor tiempo las dificultades que se estaban teniendo para levantar las restricciones, lo que tampoco generó mayores cambios.

Para el caso 2, Edificio San Miguel, no hubo mayores dificultades, pues las partidas de control eran mucho menores, debido a la etapa de construcción en que se encontraba la obra.

- Para el caso 1, Edificio Las Condes, el tiempo que tomaba hacer la Planificación Intermedia era demasiado largo, pues como había que medir el avance primero y además se hacía en conjunto con el Jefe de Terreno, era muy difícil mantenerlo en la oficina, debido a la alta demanda de tiempo que implicaba su cargo.
- El Inventario de Trabajo Ejecutable puede ser poco objetivo e irreal. El Jefe de Terreno siempre en su afán de querer cumplir con mayores actividades, tiende a ser subjetivo y sobrestimar los rendimientos, lo que genera una mala planificación semanal por actividades que en realidad no están con las restricciones 100% levantadas, como por ejemplo era el caso de los pre-requisitos. Es decir, si había una tarea predecesora incompleta, donde supuestamente se debiera terminar en la semana, muchas veces se programó igual confiando en que ésta se realizaría, cuando en realidad no era así, lo que provoca al final una baja en el PAC.

- La planificación semanal no era pareja para todos los capataces. Algunos tenían 12 tareas versus 6 de otro capataz, lo que genera conflicto al momento de la evaluación, pues obviamente al de mayor actividades le cuesta mucho más subir su PAC, como se explica en la figura 4.19

SEMANA	CANT. ACTIV. COMPROMETIDAS	CANT. ACTIV. CUMPLIDAS	CANT. ACTIV. NO CUMPLIDAS	% PAC
1	12	6	6	50,00%
2	19	4	15	21,05%
3	30	16	14	53,33%
4	46	14	32	30,43%

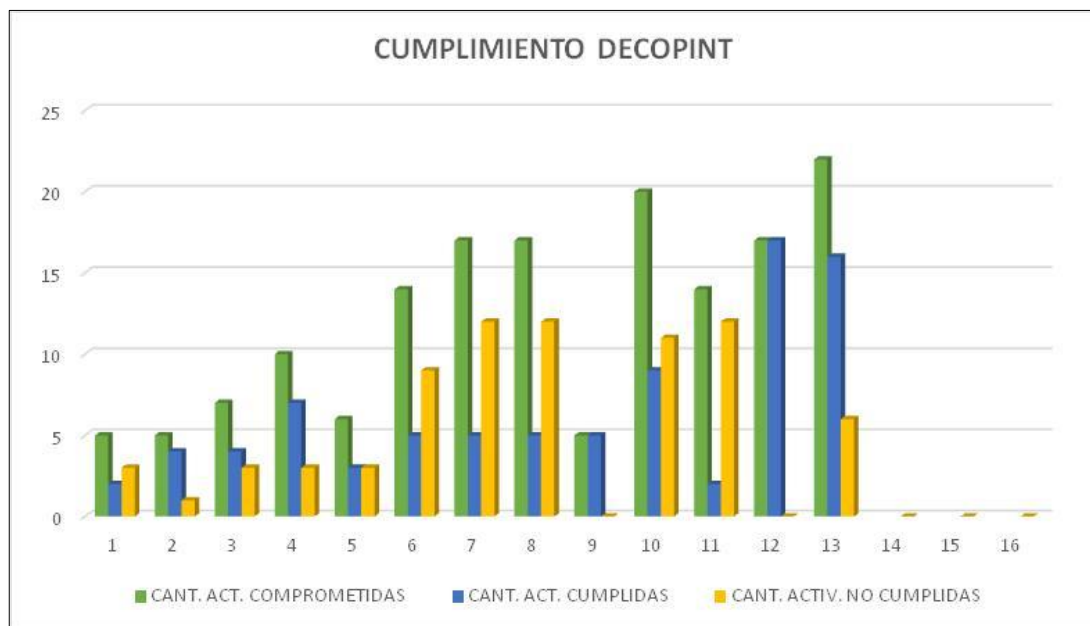
SEMANA	CANT. ACTIV. COMPROMETIDAS	CANT. ACTIV. CUMPLIDAS	CANT. ACTIV. NO CUMPLIDAS	% PAC
1	5	5	0	100%
2	4	4	0	100%
3	15	12	3	80,00%
4	23	9	14	39,13%

**Figura 4.19: Comparación de carga de trabajo entre dos capataces.**

Fuente: Elaboración propia, 2016

- Hubo semanas en que la Planificación Semanal no se entregó a tiempo, debido a la realización de otras tareas que implica el cargo de Ayudante de Oficina Técnica, por lo que se contó con menos días para cumplir las actividades, arrojando malos resultados en el PAC.
- A pesar de hacer reuniones obligatorias todas las semanas, habían subcontratos que no asistían, por lo que no se daban por enterado de sus tareas asignadas, generando un bajo porcentaje de cumplimiento. Esto ocurrió específicamente con el contratista de aluminios (que era de

la casa, pero figuraba como subcontrato) en el caso 1, Edificio Las Condes, quien después de 4 semanas de implementación recién mostró su preocupación, pues ya se habían generado los primeros informes a gerencia y no salía bien evaluado. Esto generó bastantes conflictos al interior de la constructora, pues se mostraba como el principal responsable de los atrasos no sólo en la obra en estudio, sino que en todas las que se estaba implementando el sistema. A raíz de esto, el caso 1, Edificio Las Condes, realizó un PAC específicamente de Subcontratos, para llevar con mayor detalle las CNC de éstos y cuánto influía en los atrasos que estaban generando, lo que sirvió mucho para tener más controlados a los contratistas.



**Figura 4.20: Gráfico de resumen PAC por empresa contratista**

Fuente: Elaboración propia, 2016.





Figura 4.21: Gráfico de principales CNC por contratista.

Elaboración propia, 2016

- En ninguna de las dos obras se logró disminuir el atraso, esto debido a que el ITE muestra las actividades que se pueden ejecutar, pero no refleja en ningún caso que esa actividad se debería haber hecho, por ejemplo, hace dos semanas atrás. Si bien la actividad se puede hacer, se programa y finalmente se realiza, no implica que se gana el tiempo perdido, pues no hay relación entre porcentaje de actividades cumplidas y avance físico teórico.

En el caso 1, Edificio Las Condes, se hizo una reprogramación debido al atraso y se comenzó a medir desde esa semana desde cero, tal como se muestra en la figura 4.22, donde se puede apreciar que no hay cambios significativos en ese período, siendo que a fines de agosto se comenzó a utilizar Last Planner.

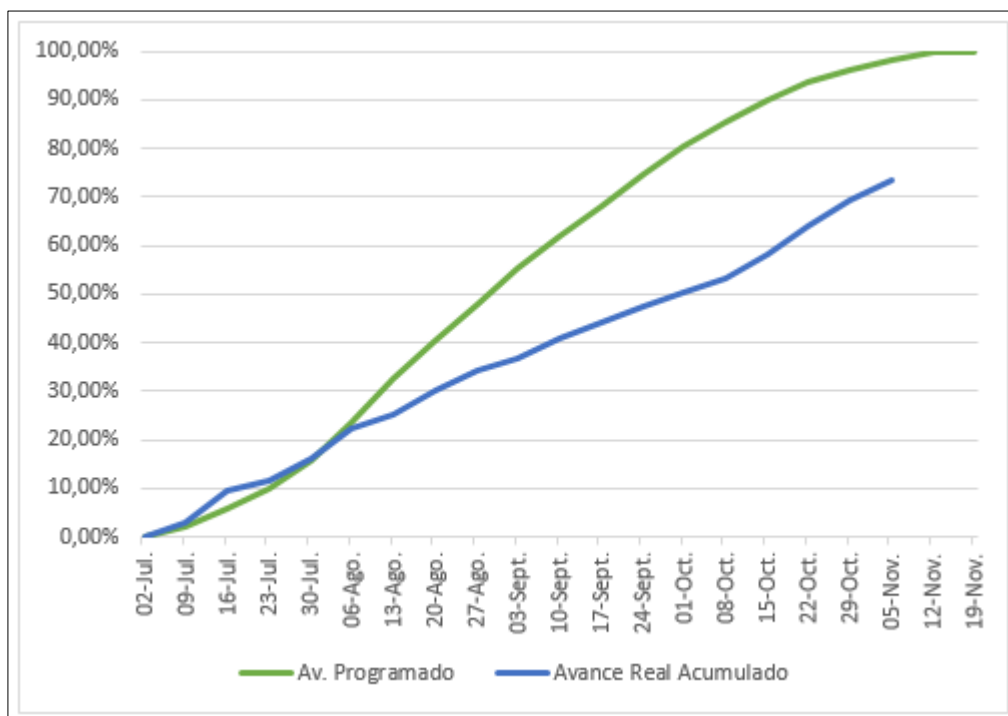


Figura 4.22: Curva S reprogramación caso 1

Fuente: Elaboración propia, 2016

- No se analizaron las Causas de No Cumplimiento con profundidad, lo que provocó errores en los análisis de resultados en el caso 2, Edificio San Miguel, la “falta de cancha” era en realidad la poca mano de obra del contratista que estaba generando atrasos o la falta de materiales y problemas con proveedores que especialmente en esta obra se comenzó a notar, debido a los problemas económicos que tenía la empresa.
- El registro de las Causas de No cumplimiento refleja que para el caso 1, Edificio Las Condes, el mayor problema eran los contratistas, donde en algunos casos fue posible hacer cambios para mejorar los rendimientos,

pero específicamente con los aluminios y eléctricos ocurría que éstos funcionaban como un departamento de especialidades dentro de la constructora, pero trabajaban como contratistas, por lo que fue imposible hacer un cambio, a pesar de los malos resultados que estaban arrojando no sólo en esta obra.

Para el caso 2, Edificio San Miguel, a pesar que los gráficos muestran que la principal causa era pre-requisito, como se comentó en el punto anterior, requiere de un análisis más profundo, ya que puede haber errores al tipificar la CNC.

- Para que esta implementación funcione se requiere de un alto compromiso por parte de todos los involucrados, desde el Administrador hasta el último trabajador de la cuadrilla. Sin embargo, lamentablemente esto no ocurrió en ninguno de los dos casos.

Para el caso 2, Edificio San Miguel, el administrador hacía notar su incredulidad de la implementación, por lo que no exigía resultados a menos que se lo pidieran desde gerencia. En cambio para el caso 1, el poco compromiso recaía en el Jefe de Terreno y eso a la larga contagiaba al resto de los trabajadores.

- Además del poco compromiso que se fue dando a medida que pasaban las semanas, un hecho clave fue el incumplimiento de bonos ofrecidos a los capataces en caso de que tuvieran un buen PAC, específicamente para el caso 1, lo que provocó total desinterés y desmotivación en lograr cumplir las metas.

- La implementación del Last Planner en las obras generaba un conflicto de intereses dentro del grupo inmobiliario dueño de la constructora, pues la empresa a cargo de las asesorías prestaba servicios a otras constructoras, lo que generaba poca objetividad al evaluar los resultados.
- Debido a cambios a nivel de gerencia y jefaturas por las pérdidas económicas que estaba sufriendo la constructora, la implementación no tuvo continuidad en las obras, siendo definitivamente retirada a fines del año pasado. Hubo una reestructuración completa de todas las áreas, dejando a cargo a un jefe de planificación contratado por la constructora y que visitaría las obras periódicamente para controlar el avance.

## 5.- CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Last Planner es una herramienta para estabilizar flujos de trabajo y disminuir la variabilidad, sin embargo, al llevarlo a la práctica es muy difícil que se cumpla completamente. ¿Es posible una mejora continua? Sí, lo es, ya que las Causas de No Cumplimiento ayudan a detectar dónde está la raíz del problema y lo que genera el no desarrollo de una actividad en particular, pudiendo programar tareas que sí se pueden realizar, eliminando pérdidas de tiempo por esperas de materiales o falta de equipos por ejemplo y mejorando la productividad.

La reducción de la variabilidad es otro punto importante que se cumple, pues al tener una programación semanal confiable, se disminuye la diferencia entre lo que se programa y lo que se ejecuta realmente en obra.

Cabe destacar del Last Planner que un Porcentaje de Actividades Cumplidas (PAC) alto no implica que la obra esté al día con el avance físico teórico y esto fue claro en ambos proyectos. Las dos obras estaban con un atraso evidente y a pesar de tener semanas un porcentaje aceptable de actividades cumplidas, en ningún caso representaba la disminución del atraso, pues no se utilizó un indicador que relacione el avance físico según lo programado por carta Gantt con el PAC. En ambos casos, no existe nada que indique cómo va el avance respecto a lo planificado, ya que perfectamente se puede tener un 100% de actividades cumplidas, siendo que éstas se deberían haber realizado hace 3 semanas atrás, por dar un ejemplo. El tiempo de ejecución de la obra dentro de lo planificado es de vital importancia, pues son los atrasos los que generan grandes pérdidas económicas y que puede llevar a que el proyecto sea un fracaso.

Para el caso particular de los proyectos en estudio, este sistema no tuvo los resultados esperados por parte de la gerencia, pues no se logró mantener el compromiso en las obras ni la continuidad. Además que se esperaba que esto trajera mejoras en lo económico por la disminución de los atrasos, objetivos que no se lograron. La empresa tuvo una reestructuración interna importante a raíz de los malos resultados de sus obras y el nuevo equipo no tenía las mismas convicciones respecto a esta metodología, poniendo fin a su implementación.

Los problemas económicos que la constructora comenzó a tener a fines del año 2015 y que se agravaron a comienzos del 2017, fue porque sus proyectos no generaban ganancias. Aparte de los atrasos, esto se debía principalmente a que la mayoría de los presupuestos de las obras estaban mal calculados y hacía prácticamente imposible que se pudiera obtener algún tipo de ingreso, lo que quiere decir que no sólo es importante contar con un buen plan maestro, sino que también con una buena línea base presupuestaria acorde al proyecto. Es muy difícil para un administrador partir una obra donde se le exija un porcentaje mínimo de ganancias, siendo que cuenta con un presupuesto fuera de la realidad, ya que esto parte por un estudio de propuesta mal hecho y no de su gestión. Es aquí donde falla las preguntas descritas al principio de esta investigación: Qué, Cómo, Por qué, Quién, Dónde, Cuándo, Cuánto y que son la base para la planificación. No hubo una buena división del proyecto en las actividades, ni una buena secuencia y la estimación de duración y costos fue mal hecha.

¿Por qué implementar Last Planner entonces si su realización no implica ganancias? Probablemente, si no hubiera existido este problema de presupuesto en las obras, igual no se hubiera obtenido los resultados

esperados, pues este sistema no recupera el atraso como se explicó anteriormente y si no se sale a fecha genera un alza en los costos, principalmente de los gastos generales y por ende menores ganancias o pérdidas en caso que el plazo se alargue demasiado.

Para que un proyecto sea exitoso, debe tener resultados positivos en los económico y las razones principales son porque la obra se ejecutó en el tiempo planificado (o antes) y/o porque el administrador hizo una buena gestión con los contratos. Finalmente la construcción es una industria, donde lo que se busca es obtener ganancias y todo se traduce a costos. Independiente del desempeño de la obra, nuevamente surge la pregunta ¿por qué implementar Last Planner en la construcción? Por la mejora continua, pero ésta debe ir de la mano con una velocidad de avance mayor a la que está planificada para poder terminar anticipadamente, lo que se traduce en reducción de costos. Como se expuso anteriormente, debe haber un indicador que vincule cumplimiento de tareas y avance físico de obra.

El mayor problema que se identificó en la realización de esta metodología es la poca o nula motivación que tienen los trabajadores para querer mejorar los procesos constructivos. Es muy difícil cambiar la mentalidad e incentivarlos a que esta herramienta puede ser una gran ayuda para ellos mismos, pues con una buena planificación y comunicación en terreno, es posible aumentar la productividad y eliminar tiempos muertos, que es el gran responsable de los atrasos en las obras. Este sector se caracteriza por tener una mano de obra poco especializada, que va adquiriendo experiencia con los años, por lo que la gente mayor está acostumbrada a hacer las cosas de cierta manera, que no



necesariamente es la correcta y tratar de cambiar esa forma de pensar es prácticamente imposible.

Ahora, de nada sirve lograr un cambio de mentalidad si no se consigue una completa alienación de todas las partes involucradas, desde el gerente general de la empresa, pasando por los encargados de propuesta y planificación, administradores de obra, jefes de terreno, bodega, hasta el último jornal de la obra. Si todos están comprometidos con esto, se puede lograr buenos resultados, ya que este sistema depende demasiado del grado de compromiso de los involucrados y la mayoría lo ve como un trabajo impuesto, sobre todo para los capataces, pues el hecho de ser evaluados cada semana lo ven como una forma de controlar su desempeño laboral.

Uno de los temas que sí dio resultado y que fue de gran ayuda haber realizado este análisis en la constructora, fue mostrar la gestión realizada por los contratistas, pues cada semana se presentaban informes con su cumplimiento y se agregaron los gráficos expuestos en el punto 4.2.3, lo que dejó al descubierto quienes eran específicamente los que estaban atrasando la obra con su mal desempeño. Es importante que se lleve un control de las Causas de No Cumplimiento por contratista, ya que así se puede ver si es por pre-requisito, donde sería la constructora la responsable de la “falta de cancha”; falta de mano de obra, donde el contratista debiera responder ingresando más trabajadores o los que están no rinden lo suficiente; mala ejecución del trabajo o tarea incompleta, donde puede ser por falta de supervisión tanto del contratista como de la constructora; proveedores, materiales, etc. Cambiar un contratista normalmente implica pérdida de dinero, ya que a veces se debe hacer el trabajo de nuevo, el que llega es más caro que el anterior, perdiendo lo ahorrado en el

contrato o hasta en casos más extremos se ven involucrados en demandas por parte de los trabajadores, por lo que llevando esta planilla de control se pueden tomar medidas a tiempo y evitar los problemas recién mencionados.

Para lograr una buena implementación del Last Planner es fundamental tener un profesional que se haga cargo de forma exclusiva y que tenga la facultad de liberar las restricciones, lo que es difícil teniendo en cuenta que siempre se dispone de un presupuesto limitado y no todos los administradores creen necesario que esto lo realice alguien más que no sea el profesional de terreno, oficina técnica o un encargado de calidad. La carga de trabajo es alta para los profesionales y por más que tengan la disposición, no tienen el tiempo suficiente para poder realizar el trabajo de oficina que requiere este sistema. Last Planner demanda mucho tiempo entre medir el avance, hacer la planificación y ver los resultados de la semana anterior, que no es posible compatibilizarlo con otro cargo. No tiene sentido y es contradictorio si para disminuir la pérdida de tiempo en la obra, se debe sobrecargar de trabajo a un profesional.

Para resumir, se sugieren las siguientes propuestas para mejorar este sistema:

- Hacer un programa lo más real y detallado posible. Mientras más aterrizado esté y las tareas estén desglosadas, es más probable que la planificación que se haga sea realmente lo que se puede hacer.
- Como se expuso anteriormente, tener un profesional a cargo de Last Planner en forma exclusiva.

- Hacer reuniones semanales donde se expongan las Causas de No Cumplimiento, sin alargarlas tratando temas que no competen o buscando culpables por el no desarrollo de una actividad. La comunicación entre los involucrados es importante a la hora de ir levantando restricciones, por lo que se deben mantener estas reuniones en el tiempo.
- Si se va a motivar a los trabajadores con bonos por el cumplimiento de las tareas asignadas, que realmente se cumpla la entrega de estos. El no hacerlo provoca más reticencia de los involucrados a que cooperen, en desmedro de la obra y además se genera un mal ambiente laboral. Este sistema depende mucho del factor humano y es importante hacerlos partícipes de los logros y beneficios que se obtengan.
- Establecer un indicador donde se vincule el PAC con el avance físico de la obra, por ejemplo, comparando el número de actividades cumplidas con el número de actividades que se deberían haber hecho por el programa inicial.
- Ser constante y comprometerse con la actividad. El hacerlo una semana y a la siguiente no, sólo genera pérdida de tiempo, pues cada planificación depende del porcentaje de cumplimiento de la anterior.
- Entregar la planificación el día viernes, así los capataces y contratistas se programan con sus respectivas cuadrillas y se da de forma más “natural” que sea de lunes a viernes el plazo para ejecutar las tareas.

- Llevar un control del desempeño de los contratistas, para posteriores evaluaciones y así tomar medidas a tiempo en caso que éstos no mantengan un PAC aceptable.

Para finalizar es importante destacar que todo este sistema requiere de tiempo, dedicación, compromiso y ganas de querer mejorar. Es una herramienta que siendo bien utilizada puede generar cambios en la mentalidad de la gente, algo que sobre todo en este rubro es muy difícil de lograr. Este método no necesita grandes inversiones ni uso de nuevas tecnologías, sólo capital humano comprometido y con ganas de hacer las cosas bien, algo que en estos tiempos cuesta mucho.

## 6.- BIBLIOGRAFÍA

- ALARCÓN CÁRDENAS, Luis. *“Segunda conferencia tecnológica, Corporación de Desarrollo Tecnológico”*. GEPUC, 2005.
- ALARCÓN CÁRDENAS, Luis. “Mejorando la productividad de proyectos con planificaciones más confiables”. Revista Bit, junio 2002.
- ALARCÓN CÁRDENAS, Luis y CAMPERO QUEZADA, Mario. *“Administración de Proyectos Civiles”*. 3era edición ampliada. Ediciones Universidad Católica de Chile, 2008.
- ALARCÓN CÁRDENAS, Luis y PELLICER ARMIÑANA, Eugenio. *“Un nuevo enfoque en la gestión: La construcción sin pérdidas”*. Revista de Obras Públicas n°3496, 2009.
- BALLARD, Glenn. *“The Last Planner System of Production Control”*, 2000.
- BARRÍA MONTECINO, Carol. *“Implementación del sistema Last Planner en la construcción de viviendas”*. Universidad Austral de Chile, 2009.
- BERTUCCI, Juan y EYZAGUIRRE, Edwin. “Cómo mejorar la planificación en la construcción”. Revista Bit, noviembre 2013.
- DÍAZ MONTECINO, Daniela. *“Aplicación del sistema de planificación ‘Last Planner’ a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura”*. Universidad de Chile, 2007.

- KOSKELA, Lauri. *“Application of the new production philosophy to construction”*, 1992.
- MARÍN ARAVENA, Javier. *“Recomendaciones para extender y sostener prácticas Lean a través del tiempo en la industria de la construcción”*. Universidad de Chile, 2015.
- NIETO MOROTE, Ana María. *“Estrategias para la implementación del sistema de gestión Last Planner”*.
- PAVEZ, Alejandro y SAAVEDRA, Alfredo. “Planificación en obra, una mirada nueva”. Revista Bit, marzo 2014.
- PONS ACHELL, Juan Felipe. *“Introducción a Lean Construction”*. 2014
- RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, Antonio, ALARCÓN CÁRDENAS, Luis y PELLICER ARMIÑANA, Eugenio. *“La gestión de la obra desde la perspectiva del Último Planificador”*.
- ROJAS VERA, Raúl. *“Estudio e implementación de una nueva filosofía de planificación de proyectos”*.
- SABBATINO BARROS, Daniel. *“Directrices y recomendaciones para una buena implementación del Sistema Last Planner en proyectos de edificación en Chile”*. Universidad de Chile, 2011.

- SABBATINO BARROS, Daniel, ALARCÓN CÁRDENAS, Luis y TOLEDO, Mauricio. *“Análisis de indicadores claves para una exitosa implementación del sistema Last Planner en proyectos de edificación”*.
- SERPELL, Alfredo y ALARCÓN, Luis. “Planificación y control de proyectos”. Segunda edición, Ediciones Universidad Católica, 2001.